



LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTIK - RC184802

## **TUTORIAL CARA MELAKUKAN OPERASIONAL PEMBUATAN BORED PILE**

NUNUK ROHMAWATI

NRP. 031 117 4000 0040

RENOVANO ILMI

NRP. 031 117 4000 0077

Dosen Pembimbing :

Dr. Asdam Tambusay, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

2020

## LEMBAR PENGESAHAN


### LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK TUTORIAL CARA MELAKUKAN OPERASIONAL PEMBUATAN BORED PILE

Nunuk Rohmawati                      NRP. 031 117 4000 0040

RenovanoIlmi                          NRP. 031 117 4000 0077

Surabaya, Januari 2021

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing Internal

  
Dr. Asdam Tambusay, S.T., M.T.  
NIDN. 0018089005

Mengetahui,  
Sekretaris Departemen I  
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan  
Departemen Teknik Sipil FTSPK-ITS

  
Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 19800430 2005 01 1 002

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat Rahmat-Nya penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik yang berjudul “Tutorial Cara Melakukan Operasional Pembuatan Bore Pile” tepat pada waktunya. Adapun maksud dari penyusunan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan akademis dalam melaksanakan pendidikan Sarjana di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penyusunan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini merupakan salah satu wujud pengaplikasian dari mata kuliah Kerja Praktik. Dalam penyusunan laporan ini, kami telah mendapat bimbingan dan pengarahan serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penulisan laporan ini, khususnya Bapak Dr. Asdam Tambusay, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kami

Demikianlah Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini dibuat, semoga dapat memberikan manfaat bagi pembaca khususnya bagi mahasiswa/i Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 23 November 2020

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penulisan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Sumber Data Penulisan .....	2
1.5 Metode Penulisan .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Pengertian Pondasi .....	4
2.2 Macam-Macam Pondasi .....	4
2.3 Dasar-Dasar Penentuan Jenis Pondasi .....	6
2.4 Pengertian Pondasi <i>Bore Pile</i> .....	8
2.5 Kelebihan dan Kekurangan <i>Bore Pile</i> .....	8
2.6 Macam-Macam Metode Pelaksanaan <i>Bore Pile</i> .....	9
<b>BAB III PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
3.1 Peralatan dan Bahan pada Pelaksanaan <i>Bore Pile</i> .....	20
3.2 Metode Pelaksanaan <i>Bore Pile</i> .....	35
3.3 <i>Detailing Bore Pile</i> .....	50
3.4 Contoh Pekerjaan <i>Bore Pile</i> pada Proyek Jembatan Suramadu .....	51
3.5 <i>Quality Control</i> .....	56
3.6 Metode Pelaksanaan <i>Inner Boring</i> pada Proyek RS St. Carolus di Jakarta .....	62
3.7 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) .....	66
<b>BAB IV PENUTUP .....</b>	<b>78</b>
4.1 Kesimpulan .....	78
4.2 Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>80</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Metode Bor Kering .....	10
Gambar 2.2 Ilustrasi Metode Bor Basah .....	14
Gambar 2.3 Ilustrasi Metode Bor Casing .....	17
Gambar 3.1 Theodolit.....	21
Gambar 3.2 Kompas dan Patok .....	21
Gambar 3.3 Roll Meter dan Rambu Ukur .....	21
Gambar 3.4 Statif dan Payung .....	22
Gambar 3.5 Unting-Unting.....	22
Gambar 3.6 <i>Excavator</i> .....	23
Gambar 3.7 Bagian-Bagian <i>Excavator</i> .....	23
Gambar 3.8 <i>Dump Truck</i> .....	24
Gambar 3.9 Truk <i>Mixer</i> .....	25
Gambar 3.10 <i>Crawler Crane</i> .....	26
Gambar 3.11 Komponen <i>Crawler Crane</i> .....	26
Gambar 3.12 <i>Bar Bender</i> Manual .....	27
Gambar 3.13 <i>Bar Bender</i> Listrik .....	27
Gambar 3.14 <i>Bar Cutter</i> Manual.....	28
Gambar 3.15 <i>Bar Cutter</i> Listrik .....	28
Gambar 3.16 Pipa <i>Tremie</i> .....	29
Gambar 3.17 Corong .....	29
Gambar 3.18 <i>Casing</i> .....	30
Gambar 3.19 <i>Vibro Hammer</i> .....	30
Gambar 3.20 Mata Bor <i>Auger</i> .....	31
Gambar 3.21 Mata Bor <i>Drilling Bucket</i> .....	31
Gambar 3.22 Mata Bor <i>Cleaning Bucket</i> .....	32
Gambar 3.23 Alat Tes Kodan .....	32
Gambar 3.24 Beton <i>Ready Mix</i> .....	33
Gambar 3.25 Besi Tulangan .....	34
Gambar 3.26 Bndrat.....	34
Gambar 3.26 Bentonite.....	35
Gambar 3.28 Persiapan Lokasi Proyek .....	36
Gambar 3.29 Survei / Penentuan Titik <i>Bore Pile</i> Dengan <i>Theodolite</i> .....	37
Gambar 3.30 Titik Referensi <i>Bore Pile</i> .....	37
Gambar 3.31 Persiapan Alat Bor .....	38
Gambar 3.32 Pembuatan bak sirkulasi .....	38
Gambar 3.33 Proses <i>pre-boring</i> .....	39
Gambar 3.34 Proses pemasangan <i>casing</i> dengan bantuan crane.....	40
Gambar 3.35 <i>Casing</i> sudah terpasang di lubang bor .....	40
Gambar 3.36 Proses fabrikasi tulangan .....	42
Gambar 3.37 Pekerjaan pengeboran dengan <i>drilling bucket</i> .....	43
Gambar 3.38 Pembersihan dasar lubang dengan <i>cleaning bucket</i> .....	43

Gambar 3.39 Pemasangan alat di atas <i>casing</i> .....	44
Gambar 3.40 Hasil tes berupa grafik dari dinding tanah.....	44
Gambar 3.41 Pengangkatan besi tulangan dengan bantuan <i>crane</i> .....	45
Gambar 3.42 Penyambungan besi tulangan dengan cara dilas.....	45
Gambar 3.43 Lubang tiang bor yang sudah siap dicor.....	46
Gambar 3.44 Pemasangan pipa <i>tremie</i> ke dalam lubang <i>bore pile</i> .....	47
Gambar 3.45 Pemasangan corong pipa <i>tremie</i> .....	47
Gambar 3.46 Pengujian <i>slump</i> .....	48
Gambar 3.47 Penuangan campuran beton ke dalam lubang.....	49
Gambar 3.48 Ilustrasi posisi ujung pipa <i>tremie</i> saat pengecoran .....	49
Gambar 3.49 Lumpur dari dalam lubang yang terdesak keluar oleh beton.....	49
Gambar 3.50 Tanda ketika beton telah mengisi seluruh bagian lubang.....	50
Gambar 3.51 Pencabutan <i>casing</i> .....	50
Gambar 3.52 (a) ilustrasi alat berat (b) <i>auger bor</i> .....	64
Gambar 3.53 Proses pemancangan dengan <i>inner bore system</i> .....	65
Gambar 3.54 <i>Safety shoes</i> .....	67
Gambar 3.55 Helm Proyek .....	67
Gambar 3.56 Sarung Tangan Proyek.....	68
Gambar 3.57 Kaca Mata Proyek .....	69
Gambar 3.58 <i>Safety Belt</i> .....	69
Gambar 3.59 Masker dan <i>respirator</i> .....	70
Gambar 3.60 Rompi Pekerja .....	71
Gambar 3.61 <i>Safety Ears</i> .....	72
Gambar 3.62 <i>Safety Wearpack</i> .....	72
Gambar 3.63 <i>Safety Flame Vest</i> .....	73
Gambar 3.64 <i>Safety Rain Coat</i> .....	73
Gambar 3.65 <i>Safety Life Vest</i> .....	74
Gambar 3.66 Tabel penanganan selama masa pandemi INMER PUPR & OSHA .....	77

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Di dalam dunia konstruksi, diperlukan pemahaman ilmu struktur yang tentunya dapat menunjang suatu bangunan agar dapat dibangun dengan kokoh. Suatu struktur bangunan terdiri atas struktur atas dan struktur bawah. Struktur bangunan membutuhkan struktur bawah, yaitu pondasi yang kuat sebagai pendukung konstruksi di atasnya. Yang pertama kali dilaksanakan dalam struktur di lapangan adalah pekerjaan struktur bawah yaitu pekerjaan pondasi.

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang berfungsi memikul beban bagian bangunan di atasnya. Secara umum jenis pondasi ada dua, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Contoh pondasi dalam, yaitu *bore pile* dan pondasi tiang pancang.

Pada saat ini sistem pondasi *bore pile* banyak digunakan pada berbagai pondasi bangunan, seperti pada jembatan, bangunan bertingkat, jalan tol. Selain itu, sistem pondasi *bore pile* juga dipakai pada struktur yang digunakan untuk menjaga kestabilan lereng, dinding penahan tanah termasuk pondasi bangunan ringan yang dibangun di atas tanah lunak.

Pemakaian pondasi *bore pile* merupakan suatu alternatif, apabila dalam pelaksanaan pembangunan berada pada suatu lokasi yang sangat sulit atau beresiko tinggi apabila menggunakan pondasi tiang pancang. Selain itu alasan lain digunakannya sistem pondasi *bore pile* adalah kedalaman dan diameter *bore pile* atau volume beton yang diperlukan, dapat dengan mudah disesuaikan dengan beban struktur yang akan ditopangnya, sehingga beban-beban yang bekerja dapat ditahan dengan baik untuk jangka waktu pendek maupun panjang.

Seorang *engineer* teknik sipil tentunya perlu memahami tentang tata cara melakukan operasional pembuatan *bore pile* sehingga bangunan yang dibangun dapat berdiri dengan kuat dan bertahan sesuai dengan waktu yang direncanakan.

Untuk mewujudkan pemahaman mengenai pelaksanaan bored pile maka diperlukan perpaduan antara teori maupun pelaksanaan pada proyek yang ada di lapangan. Dikarenakan adanya pandemi ini banyak proyek yang ditunda maupun

berhenti pengerjaannya, Oleh karena itu kami membuat tutorial pelaksanaan bore pile. Dengan adanya tutorial ini diharapkan dapat memudahkan memahami metode pelaksanaan bored pile dan dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran untuk materi bored pile

## 1.2 Tujuan Penulisan

Penulisan laporan tugas pengganti kerja praktik ini secara umum bertujuan untuk:

1. Melaporkan cara melakukan operasional pembuatan *bore pile*
2. Memahami dan mengamati prosedur pelaksanaan kesehatan dan keselamatan kerja.

## 1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup yang dibahas dalam laporan tugas pengganti kerja praktik ini adalah sebagai berikut :

1. Pengetahuan umum seputar pondasi
2. Peralatan dan bahan-bahan yang diperlukan pada pembuatan *bore pile*
3. Metode konstruksi pekerjaan *bore pile*.
4. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

## 1.4 Sumber Data Penulisan

Data yang dipakai dalam penyusunan laporan tugas pengganti kerja praktik ini adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data dari dokumen – dokumen yang diperoleh dari proyek dan buku referensi terkait yang digunakan.

## 1.5 Metode Penulisan

Metode penulisan yang digunakan pada penulisan laporan tugas pengganti kerja praktek ini menggunakan 2 metode, yakni:

1. Studi Literatur, yaitu dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan topik bahasan melalui studi kepustakaan.
2. Konsultasi, yaitu melakukan berbagai tanya jawab dengan beberapa pihak yakni dosen pembimbing dan pihak-pihak lain yang juga memahami materi topik tinjauan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN



Menjabarkan perihal yang berkaitan dengan latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, sumber data penulisan, metode penulisan serta sistematika penulisan dalam penyusunan laporan tugas pengganti kerja praktik.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Mengulas mengenai pengertian pondasi, macam-macam pondasi, dasar-dasar penentuan pondasi, pengertian pondasi *bore pile*, kelebihan dan kekurangan pondasi *bore pile* dan macam-macam metode pelaksanaan *bore pile*.

## BAB 3 PEMBAHASAN

Menjabarkan alat dan bahan yang digunakan pada pekerjaan *bore pile*, metode pelaksanaan *bore pile*.

## BAB 4 PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran dari laporan tugas pengganti kerja praktik.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi menahan seluruh beban baik beban hidup ataupun beban mati yang berada di atasnya dan gaya-gaya luar. Pondasi juga berfungsi meneruskan beban menuju lapisan tanah pendukung di bawahnya.

Menurut (Bowles, 1997) menyatakan bahwa pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah atau batuan yang terletak di bawahnya.

(Gunawan, 1983) pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure / super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya.

Perencanaan pondasi yang baik harus memenuhi kriteria berikut:

- 1) Pondasi harus cukup dalam sehingga tidak terganggu oleh perubahan musim, kerusakan oleh pembangunan di sekitarnya, atau juga kerusakan oleh aliran air permukaan tanah.
- 2) Pondasi harus kuat menahan patah / *bearing capacity failure*.
- 3) Penurunan pada struktur harus berada pada batas-batas yang diizinkan.

#### 2.2 Macam-Macam Pondasi

Secara umum jenis-jenis struktur bawah (pondasi) terbagi menjadi dua bagian, yaitu:

- 1) Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah struktur bangunan paling bawah yang berfungsi meneruskan (mendistribusi) beban bangunan ke lapisan tanah yang berada relatif dekat dengan permukaan tanah. Saat ini pondasi dangkal sudah banyak dipakai di duni konstruksi, namun pada kondisi tertentu pondasi tersebut tidak cocok untuk dipergunakan.

Pada awalnya, yang dikategorikan dalam pondasi dangkal adalah pondasi yang memiliki kedalaman (D) lebih kecil atau sama dengan dimensi lebar pondasi (B). Namun dalam perkembangannya, pondasi masih dianggap dangkal meskipun kedalaman pondasi mencapai tiga sampai empat kali lebar pondasi (4B).

Yang termasuk dalam pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

a. Pondasi Telapak

Pada umumnya digunakan pada bangunan rumah tinggal dan gedung bertingkat ringan, yaitu dengan memperlebar bagian bawah kolom atau dinding bawah bangunan sehingga membentuk suatu telapak yang menyebarkan beban bangunan menjadi tegangan yang lebih kecil dari daya dukung tanah yang diizinkan. Jadi pondasi ini berfungsi mendukung bangunan secara langsung pada lapisan tanah. Pondasi telapak dibagi menjadi empat jenis yaitu:

1. Pondasi Telapak Tunggal

Digunakan untuk memikul sebuah kolom tunggal, tugu, menara, tangki air dan cerobong asap.

2. Pondasi Telapak Menerus

Digunakan untuk menyangga suatu bangunan panjang, seperti dinding penahan tanah dan dinding bangunan.

3. Pondasi Telapak Gabungan

Digunakan untuk menahan beban kolom yang besar dan daya dukung tanahnya relatif kecil.

4. Pondasi Pelat

Merupakan sebuah pelat beton yang tebal dan menggunakan tulangan atas dan bawah yang menerus. Pondasi ini digunakan untuk bangunan yang didirikan pada tanah yang memiliki daya dukung rendah atau daya dukung kolom yang besar.

b. Pondasi Cakar Ayam

Pondasi cakar ayam digunakan di daerah rawa atau tepatnya pada tanah dengan kapasitas dukung  $1,5 - 3,5 \text{ ton / m}^2$ . Dasar pemikiran pondasi cakar ayam adalah pemanfaatan sifat karakteristik tanah yang tidak dimanfaatkan oleh sistem pondasi lain, yaitu pemanfaatan adanya tekanan tanah pasif. Pondasi ini terdiri dari pelat beton bertulang dengan pipa-pipa beton yang dihubungkan secara monolit. Pelat beton tersebut akan mengapung di atas tanah rawa ataupun tanah lembek. Kekakuannya diperoleh dari pipa beton bertulang yang berada di bawahnya yang dapat berdiri tegak akibat tekanan tanah pasif. Jadi fungsi pipa hanyalah sebagai pengaku dan bukannya sebagai penopang seperti halnya pondasi sumuran.

c. Pondasi Sarang Laba-Laba

Pondasi sarang laba-laba berfungsi untuk memikul beban terpusat / kolom dari struktur atas seperti bangunan bertingkat tiga sampai lima, pabrik, hanggar, menara transmisi tegangan tinggi dan menara air. Pondasi ini terdiri dari pelat beton tipis, yang di bawahnya dikakukan oleh *rib-rib* tegak.

## 2) Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan jenis pondasi dalam teknik pondasi yang dibedakan dengan pondasi dangkal dari segi kedalaman masuknya ke dalam tanah. Perbandingan kedalaman dan lebar pondasi lebih dari empat ( $D/B \geq 4$ ).

Pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan tanah yang lebih dalam untuk mencapai tanah keras.

Yang termasuk dalam pondasi dalam adalah sebagai berikut:

### a. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran merupakan peralihan pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi ini dipakai bila lapisan tanah kuat letaknya relatif jauh.

### b. Pondasi Tiang

Pondasi tiang digunakan bila lapisan di kedalaman normal tidak mampu mendukung bebannya dan lapisan tanah kerasnya sangat dalam. Pondasi ini dapat terbuat dari beton, kayu, dan baja. Contoh pondasi tiang yaitu pondasi tiang pancang, pondasi *bore pile* (tiang bor), pondasi tiang kayu dan lain-lain.

## 2.3 Dasar-Dasar Penentuan Jenis Pondasi

Dalam pemilihan bentuk maupu jenis pondasi yang cocok maka perlu adanya pertimbangan yang berkaitan dengan pekerjaan pondasi tersebut. Hal ini dikarenakan tidak semua jenis pondasi cocok di semua tempat. Misalnya pemilihan jenis pondasi tiang pancang di tempat padat penduduk tentu tidak tepat walaupun secara teknik cocok dan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi, yaitu:

### 1) Keadaan tanah yang akan dipasang pondasi

- Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2 - 3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya pondasi dangkal dan pondasi *strauss*.
- Bila tanah keras terletak pada kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai yaitu pondasi tiang *minipile* atau

pondasi tiang pancang atau pondasi tiang apung untuk memperbaiki tanah pondasi.

- c. Bila tanah keras terletak pada kedalaman 20 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai yaitu pondasi tiang pancang atau pondasi *bore pile*.
- d. Bila tanah keras terletak pada kedalaman 30 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai yaitu pondasi kaisan terbuka tiang baja atau pondasi *bore pile*.
- e. Bila tanah keras terletak pada kedalaman 40 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai yaitu pondasi tiang baja dan pondasi *bore pile*.

2) Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (*upper structure*)

Kondisi struktur yang berada di atas pondasi juga perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis pondasi. Kondisi struktur tersebut dipengaruhi oleh fungsi dan kepentingan bangunan, jenis bahan bangunan yang dipakai (mempengaruhi berat bangunan yang dipikul pondasi) dan seberapa besar penurunan yang diizinkan terjadi pada pondasi.

3) Faktor lingkungan

Faktor lingkungan merupakan faktor yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di lokasi pembuatan pondasi. Misalnya, di lingkungan yang penduduknya padat dan banyak bangunan direncanakan suatu pondasi dengan jenis pondasi tiang pancang maka pada waktu pelaksanaan pemancangan akan menimbulkan suara yang mengganggu penduduk sekitar dan bisa saja bangunan di sekitarnya akan rusak akibat getaran yang terjadi saat pemancangan. Oleh karena itu saat menyusun metode pelaksanaan pekerjaan harus diperhatikan juga lingkungan di sekitar lokasi pekerjaan.

4) Waktu Perjalanan

Waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi juga harus diperhatikan agar tidak mengganggu kepentingan umum. Pemakaian pondasi tiang pancang di lokasi pekerjaan pada jalan raya dalam kota yang memerlukan banyak alat berat sebaiknya dipertimbangkan lagi karena bisa saja menyebabkan kemacetan lalu lintas yang luar biasa.

5) Biaya

Disamping pondasi yang direncanakan harus memiliki kekuatan dan stabilitas yang baik, ada aspek lain juga yang perlu dipertimbangkan yaitu biaya. Analisis jenis pondasi yang tepat dan sesuai dengan kondisi tanah juga bisa menekan biaya konstruksi. Misalnya konstruksi yang akan dibangun pada lokasi dengan kondisi tanah bagus dan cukup kuat bila menggunakan pondasi telapak saja tidak perlu direncanakan menggunakan pondasi tiang. Penggunaan pondasi tiang pancang jenis *precast* yang membutuhkan biaya yang tinggi dalam bidang pelaksanaan dan transportasi bisa diganti dengan pondasi tiang yang dicor di temoat (*bore pile*) dengan spesifikasi pondasi yang sama untuk menekan biaya.

Standar daya dukung tanah menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983 adalah:

- Tanah keras ( lebih dari  $5 \text{ kg/cm}^2$  )
- Tanah sedang (  $2 - 5 \text{ kg/cm}^2$  )
- Tanah lunak (  $0,5 - 2 \text{ kg/cm}^2$  )
- Tanah amat lunak (  $0 - 0,5 \text{ kg/cm}^2$  )

## 2.4 Pengertian Pondasi *Bore Pile*

Pondasi tiang bor atau *bore pile* adalah salah satu contoh pondasi dalam yang memiliki bentuk seperti tabung dan terbuat dari campuran beton bertulang dengan dimensi diameter tertentu. *Bore pile* dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton.

Untuk pondasi bangunan-bangunan *high rise* di perkotaan, pondasi ini cocok digunakan karena pada proses pelaksanaannya tidak menimbulkan getaran-getaran dan kebisingan yang mengganggu di lingkungan sekitar lokasi proyek. Disamping itu, diameter dan kedalaman pondasi *bore pile* dapat diatur sesuai kebutuhan daya dukung yang diinginkan. Diameter *bore pile* bervariasi antara 300 - 2000 mm dan kedalamannya dapat mencapai 50 meter, sehingga untuk bangunan yang sangat tinggi pun pondasi *bore pile* dapat dipakai. Daya dukung pada waktu tes beban dapat mencapai 2000 ton per titiknya.

## 2.5 Kelebihan dan Kekurangan Pondasi *Bore Pile*

Kelebihan pondasi *bore pile* adalah sebagai berikut:

- Pada proses pelaksanaannya tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan di sekitarnya sehingga cocok untuk pekerjaan di daerah yang padat penduduknya.
- Diameter dan kedalaman *bore pile* lebih mudah divariasikan.

3. Proses pemasangan pondasi *bore pile* pada tanah lempung tidak akan membuat tiang bergeser ke samping dan juga tidak akan membuat tanah bergelombang
4. Dasar dari pondasi *bore pile* dapat diperbesar yang akan memberikan ketahanan yang besar untuk gaya ke atas.
5. Mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.
6. *Bore pile* tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok atau *pile cap*.
7. *Bore pile* dapat dipasang menembus batuan (kerikil atau padas muda), sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batuan.
8. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.  
Kekurangan pondasi *bore pile* adalah sebagai berikut:
  1. Keadaan cuaca yang kurang mendukung dapat mempersulit pengeboran dan pengecoran, dapat diatasi dengan cara menunda pengeboran dan pengecoran sampai keadaan cuaca menjadi lebih baik atau memasang tenda sebagai penutup.
  2. Mutu beton bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan *bore pile* mengurangi kapasitas dukung *bore pile* terutama bila *bore pile* cukup dalam.
  3. Ketika beton dituangkan, dikhawatirkan adukan beton bercampur dengan reruntuhan tanah. Oleh karena itu, beton harus segera dituangkan setelah penggalian tanah dilakukan.
  4. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang. Hal ini dapat diatasi dengan penyedotan menggunakan mesin sedot air.
  5. Akan terjadi tanah runtuh bila tindakan pencegahantidak dilakukan, maka dipasang *temporary casing* untuk mencegah kelongsoran.
  6. Walaupun penetrasi dengan menggunakan pondasi *bore pile* mampu mencapai kedalaman yang direncanakan, terkadang yang terjadi adalah tiang pendukung kurang sempurna karena adanya lumpur yang tertimbun di dasar. Oleh karena itu, dibutuhkan pemasangan pipa paralon pada tulangan *bore pile* untuk pekerjaan *base grouting*.
  7. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah berkerikil maka digunakan bentonite sebagai penahan longsor.

## 2.6 Macam-Macam Metode Pelaksanaan *Bore Pile*

Metode pembuatan lubang bor yang digunakan biasanya ditentukan oleh kontraktor dengan mempertimbangkan berbagai faktor yaitu kondisi lokasi proyek terutama lokasinya

di air atau di darat, jenis tanah, metode transfer beban yang diinginkan (*skin friction*, *end bearing* atau kombinasi) dari konstruksi pondasi.

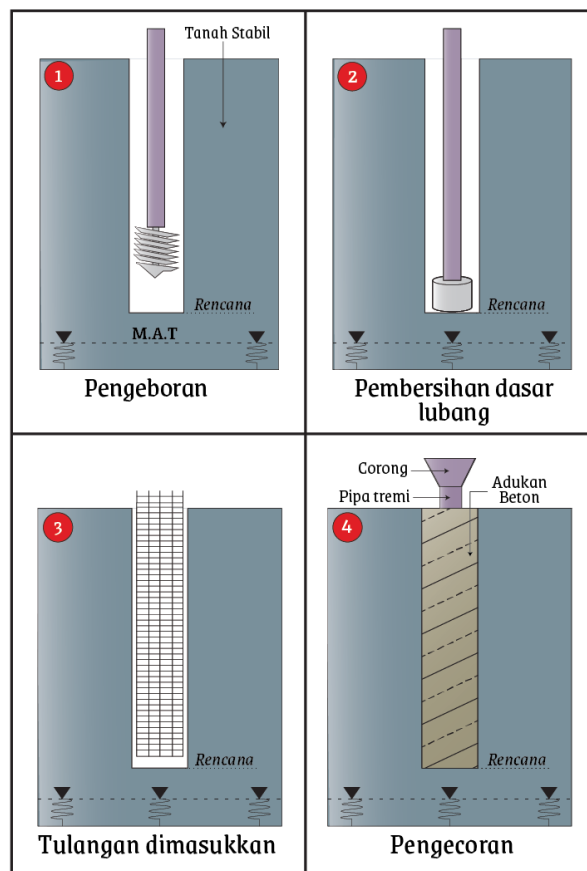
Ada tiga metode pelaksanaan pembuatan lubang bor yang umum digunakan yaitu:

### 1) Metode Kering

Metode ini cocok digunakan pada tanah yang muka air tanahnya rendah yang ketika dibor dinding lubangnya tidak longsor seperti lempung kaku homogen. Metode kering juga dapat dilakukan pada tanah-tanah di bawah muka air tanah jika tanahnya memiliki permeabilitas rendah sehingga ketika dilakukan pengeboran air tidak masuk ke dalam lubang bor saat lubang masih terbuka.

Pada metode ini, tanah dibor tanpa diberi pipa pelindung (*casing*) pada dinding lubang. Setelah itu dasar lubang yang kotor oleh rontokan tanah dibersihkan. Tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor dan kemudian dicor beton.

Keuntungan dari metode ini adalah kehilangan nilai *friction* akibat pengeboran dapat diminimalkan, sehingga daya dukung yang didapat akan maksimal.

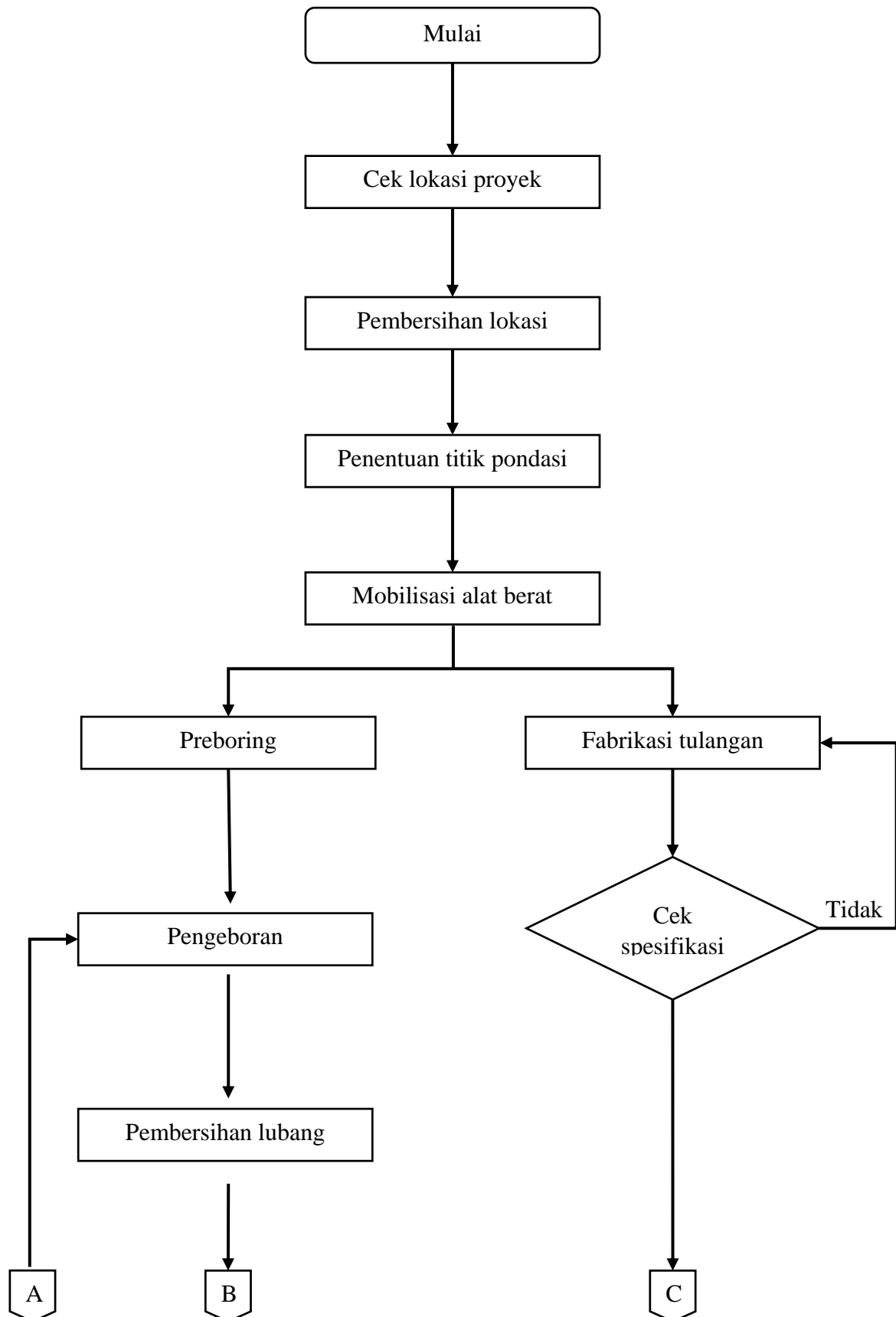


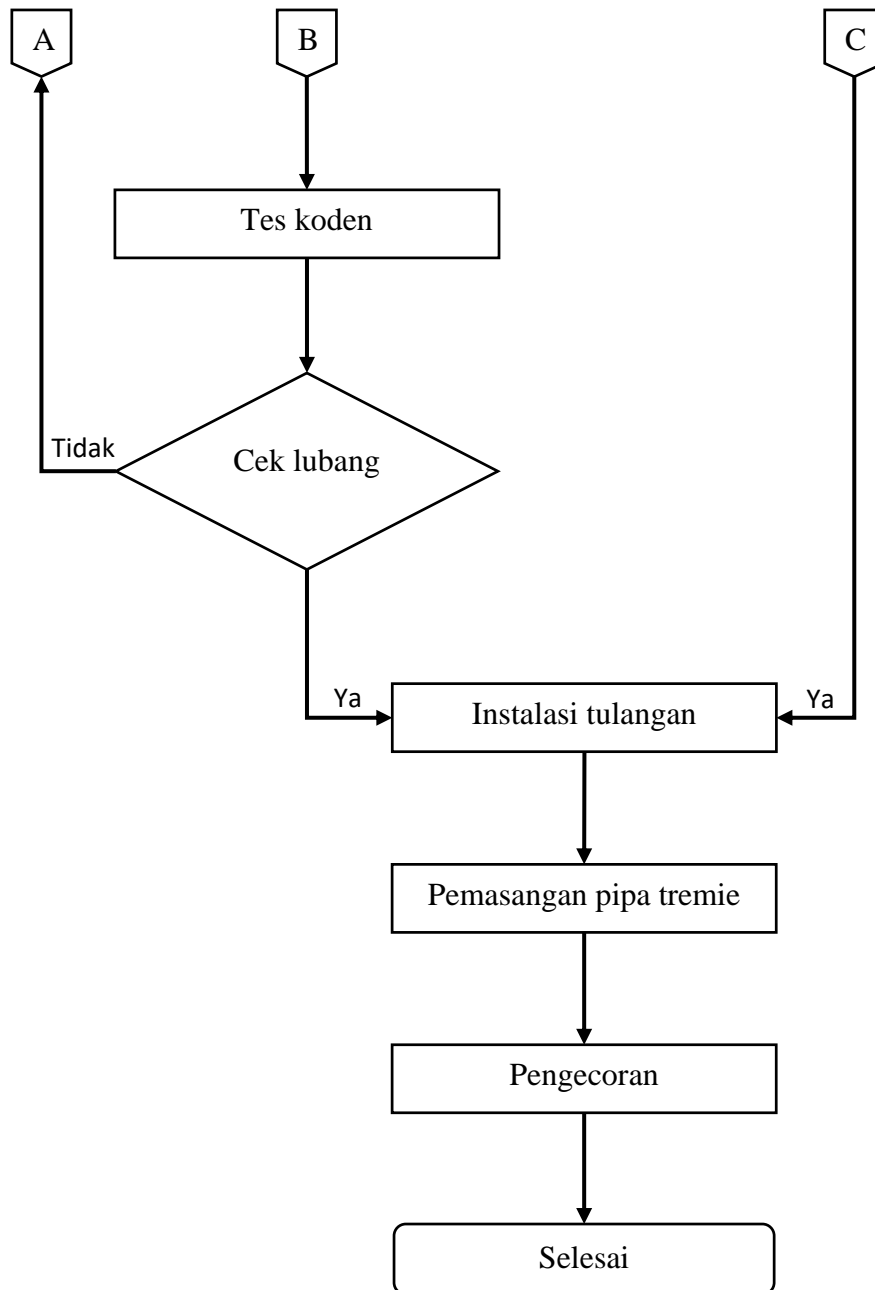
Gambar 2.1 Ilustrasi metode bor kering

Sumber: [https://www.academia.edu/9217084/METODE\\_PELAKSANAAN\\_FONDASI\\_BORED\\_PILE](https://www.academia.edu/9217084/METODE_PELAKSANAAN_FONDASI_BORED_PILE)



Flow chart pelaksanaan *bored pile* metode kering





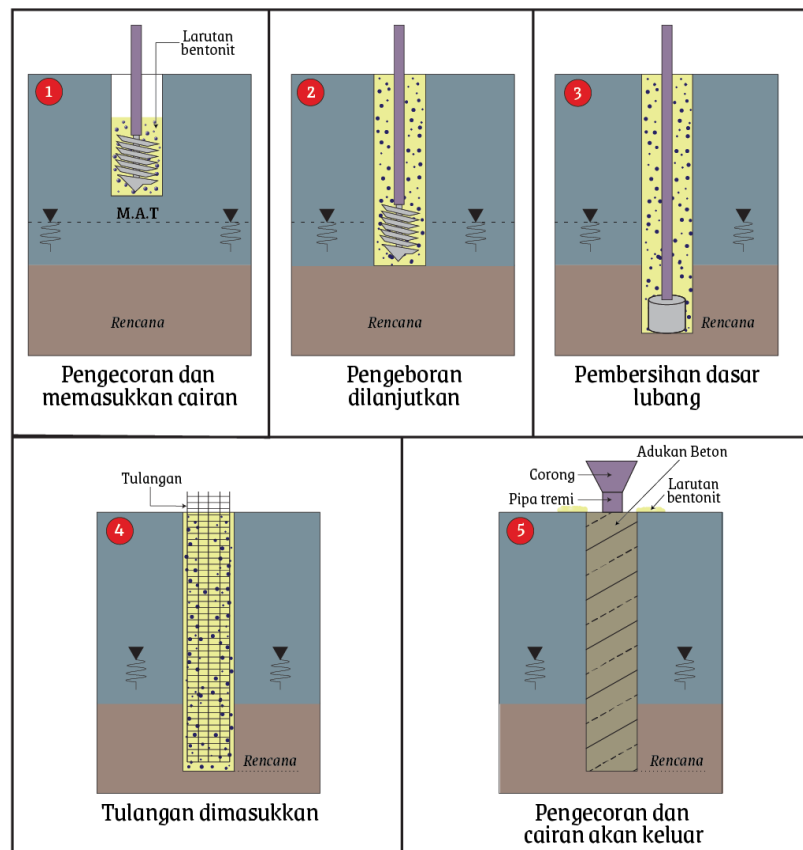
## 2) Metode Basah

Metode basah umumnya digunakan bila pengeboran melewati muka air tanah dan tidak memungkinkannya dipasang *casing* sehingga lubang bor selalu longsor bila dindingnya tidak ditahan.

Agar lubang tidak longsor, di dalam lubang diisi dengan slurry. Slurry dapat berupa air saja, atau campuran antara bentonite dan air bersih yang disebut *mineral slurry* atau campuran antara polimer dengan air bersih yang disebut *polymer slurry*. Penggunaan *polymer slurry* semakin umum karena cocok dengan lingkungan dan dapat digunakan kembali lebih sering dibandingkan dengan *bentonite*.

Pengaruh penggunaan *slurry* terhadap daya dukung tiang ditentukan oleh jenis *slurry* serta lamanya *slurry* berada di dalam lubang pondasi. Secara umum, *mineral slurry* yang menempel pada dinding lubang akan terdesak naik oleh beton sehingga lubang menjadi bersih. Akan tetapi jika *mineral slurry* berada dalam lubang terlalu lama, maka akan terbentuk lapisan yang disebut *filter cake* yang tebal dan sulit dihilangkan. *Slurry* yang menempel di dinding lubang akan mengurangi daya dukung friksi, sedangkan *slurry* yang bercampur dengan beton akan menyebabkan beton menjadi lemah. Untuk menghilangkan lapisan *filter cake* dapat dilakukan *circulating slurry*, seperti yang telah dilakukan oleh “Caltrans (California Department of Transportation)”.

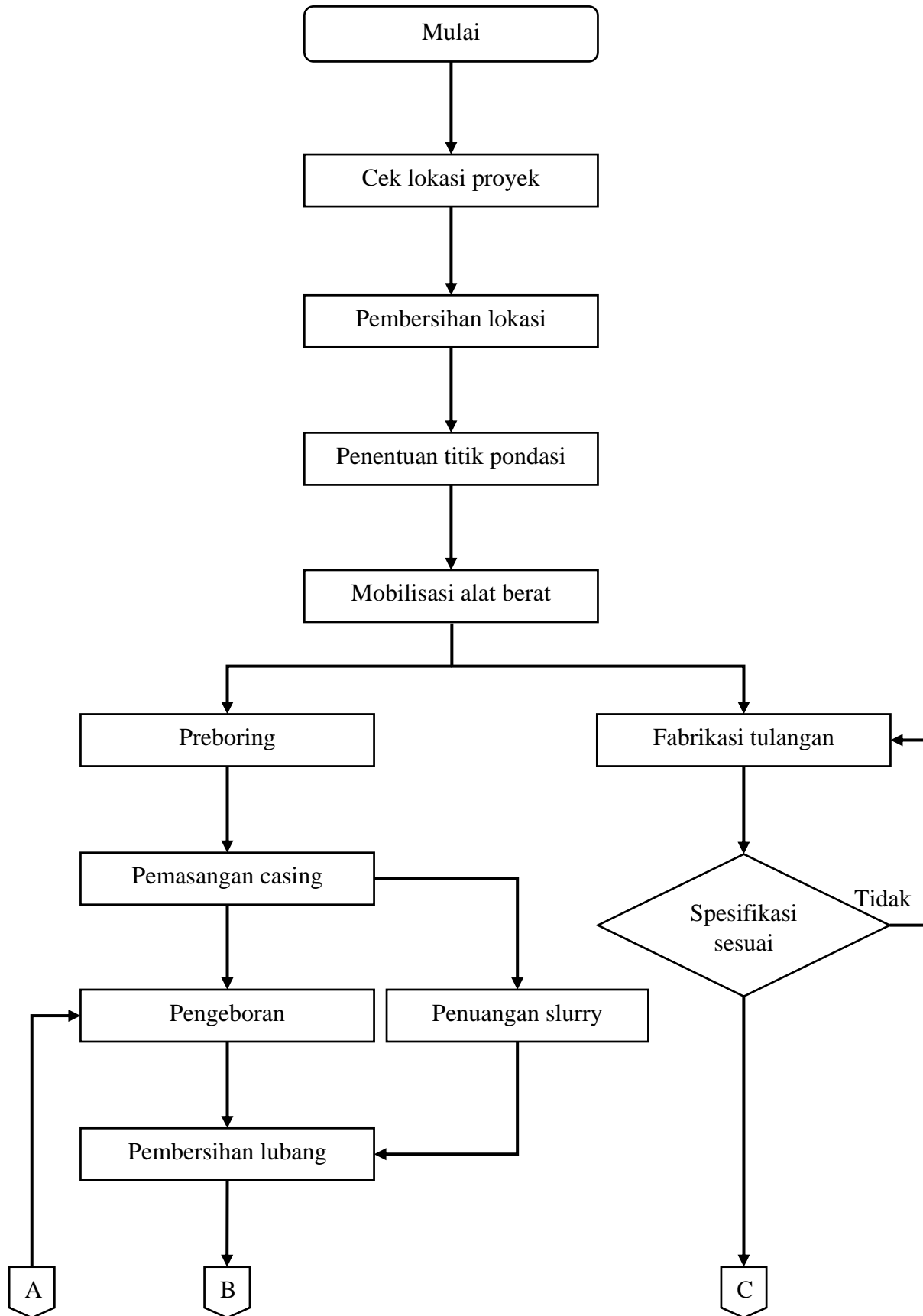
Jadi, metode ini pengeborannya dilakukan di dalam larutan. Jika kedalaman yang direncanakan telah tercapai, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi larutan. Setelah itu adukan beton dimasukkan ke dalam lubang bor dengan pipa *tremie*. Larutan akan terdesak keluar lubang oleh adukan beton. Larutan yang keluar dari lubang bor ditampung dan digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya.



Gambar 2.2 Ilustrasi metode bor basah

Sumber: [https://www.academia.edu/9217084/METODE\\_PELAKSANAAN\\_FONDASI\\_BORED\\_PILE](https://www.academia.edu/9217084/METODE_PELAKSANAAN_FONDASI_BORED_PILE)

Flow chart pelaksanaan *bored pile* metode basah

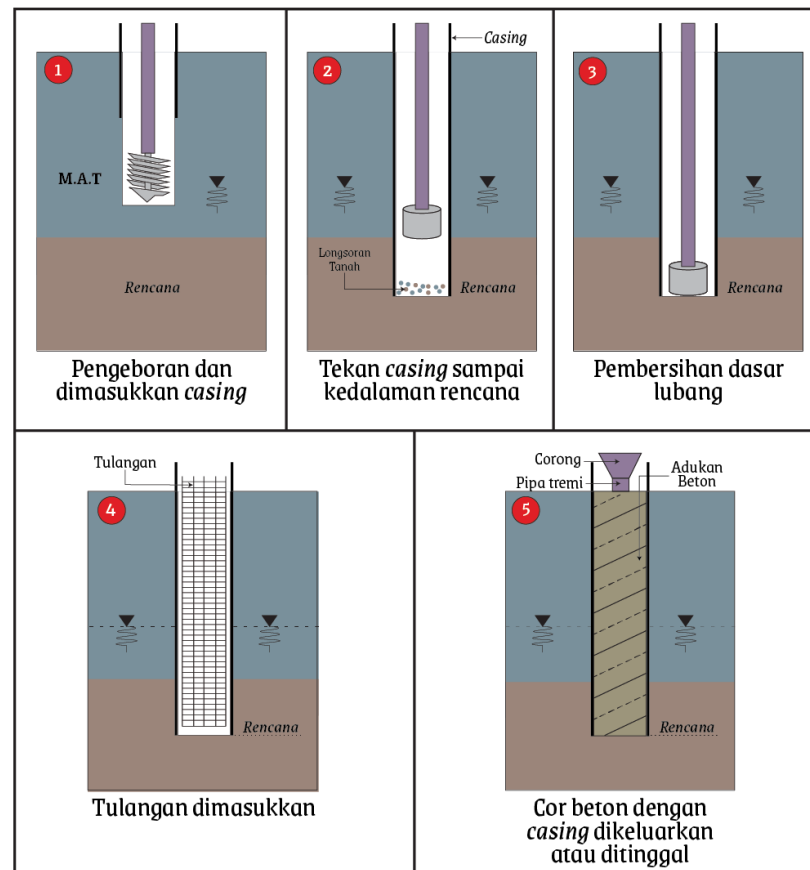


### 3) Metode *Casing*

Metode ini digunakan bila lubang bor sangat mudah longsor, misalnya tanah di lokasi proyek adalah pasir bersih di bawah muka air tanah. Untuk menahan agar lubang tidak longsor digunakan *casing*. Pada umumnya *casing* berupa pipa baja dengan diameter dalam sama dengan atau lebih besar dari diameter lubang yang direncanakan. *Casing* tersebut dapat berupa *casing* permanen atau *casing* sementara. Akan tetapi karena keberadaan *casing* dapat mengurangi daya dukung friksi, ada baiknya jika *casing* bersifat sementara.

Pemasangan *casing* ke dalam lubang bor dilakukan dengan cara memancang, menggetarkan atau menekan *casing* sampai kedalaman yang ditentukan. Sebelum sampai menembus muka air tanah, *casing* dimasukkan. Tanah di dalam *casing* dikeluarkan saat penggalian atau setelah *casing* sampai kedalaman yang diinginkan. Setelah *casing* sampai pada kedalaman yang diinginkan, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang dengan menggunakan pipa *tremie*. Setelah pengecoran selesai, *casing* dikeluarkan dari lubang, namun kadang-kadang *casing* ditinggalkan di tempat.

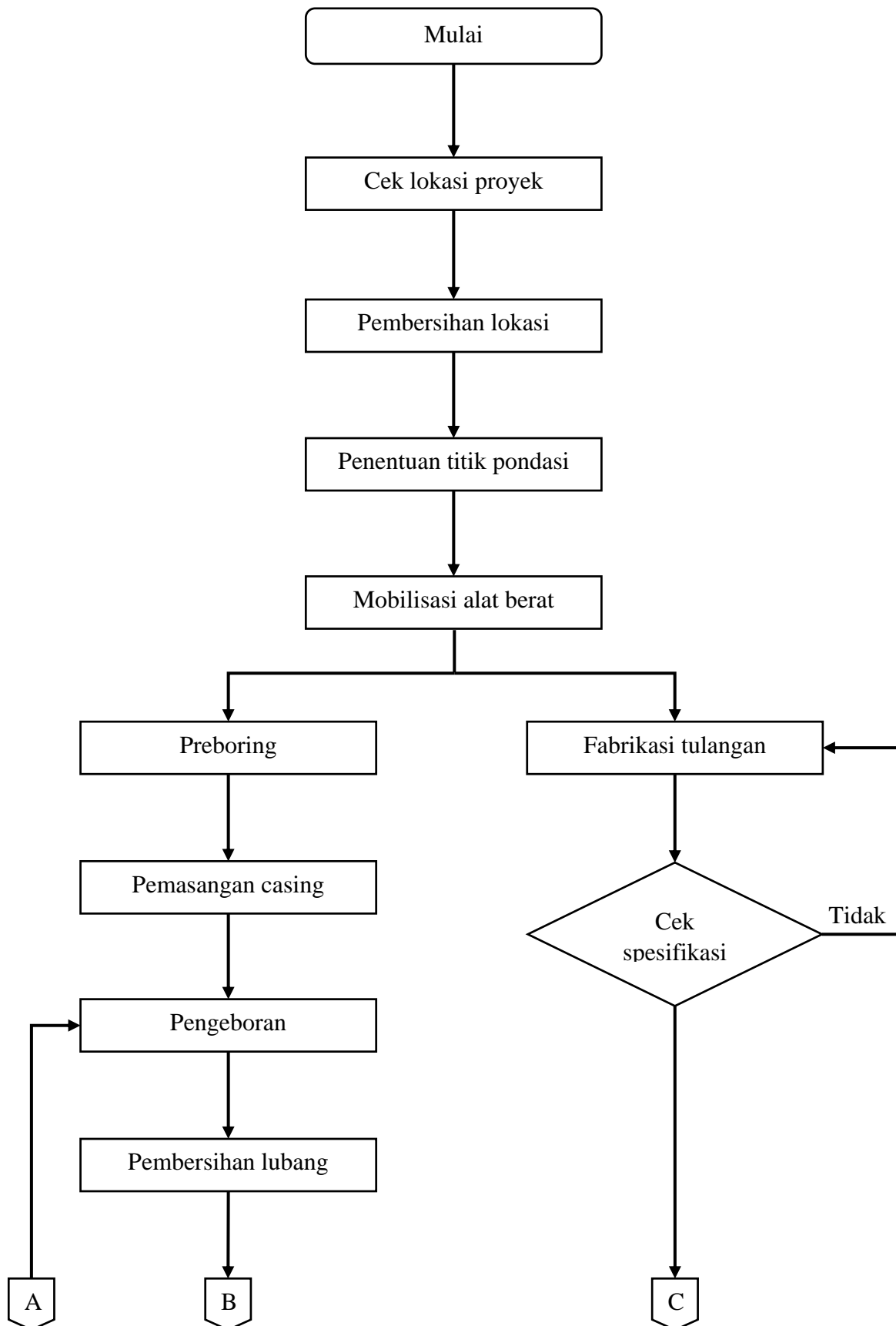
Keberadaan *casing* juga berfungsi sebagai *guidance* pengeboran, memberi perlindungan terhadap pekerja dan mencegah keruntuhan tanah ke dalam lubang. Akan tetapi kedalaman masuknya *casing* terbatas dan *casing* yang permanen relatif mahal.



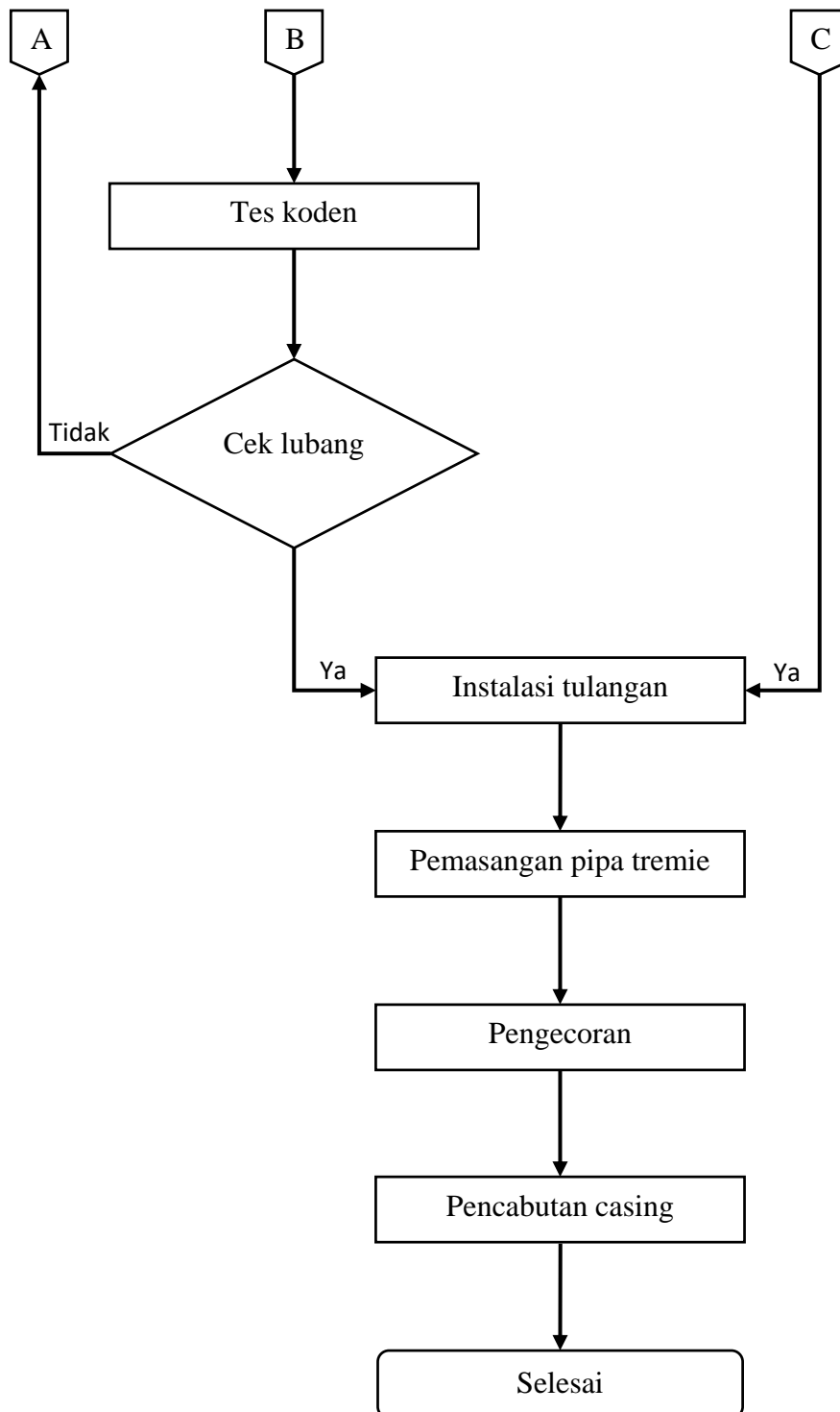
Gambar 2.3 Ilustrasi metode bor casing

Sumber: [https://www.academia.edu/9217084/METODE\\_PELAKSANAAN\\_FONDASI\\_BORED\\_PILE](https://www.academia.edu/9217084/METODE_PELAKSANAAN_FONDASI_BORED_PILE)

Flow chart pelaksanaan *bored pile* metode *casing*







## BAB III

### PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan alat dan bahan, metode pelaksanaan *bore pile* beserta gambar-gambarnya.

#### 3.1 Peralatan dan Bahan pada Pembuatan *Bore Pile*

Di dalam pekerjaan *bore pile* ada beberapa peralatan dan bahan yang diperlukan:

##### 1) Theodolit

Theodolit merupakan alat ukur digital yang berfungsi melakukan pengukuran kontur tanah pada wilayah tertentu. Alat ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya dapat digunakan untuk memetakan suatu wilayah dengan cepat. Hasil dari pengukuran wilayah menggunakan theodolit salah satunya adalah peta situasi dan peta kontur tanah.

Peta situasi adalah peta suatu wilayah yang dihasilkan dari pengukuran lapangan yang di dalamnya berisi data letak bangunan, elevasi tanah, letak pohon, letak saluran drainase, koordinat bangunan tertentu, *benchmark*, sungai dan sebagainya. Sedangkan peta kontur hanya berisi data kontur tanah saja pada suatu wilayah.

Theodolit juga bisa digunakan untuk pengukuran bendungan, tebing, jalan, *setting out* bangunan. *Setting out* adalah kegiatan menentukan patok-patok pondasi di lapangan. Pada proyek gedung, alat ini biasanya digunakan untuk menentukan as-as pondasi atau kolom, marking elevasi lantai atau patok, cek vertikal kolom dan sebagainya. Jika alat ukur *waterpass* tidak mampu mengukur sudut horizontal dan vertikal maka alat theodolit bisa melakukannya. Oleh karena itu alat theodolit mempunyai cakupan pekerjaan yang lebih banyak dibanding alat *waterpass*.

Untuk menggunakan alat theodolit diperlukan beberapa alat bantu, yaitu statif (kaki tiga), rambu ukur, unting-unting, rol meter, patok, payung, dan kompas.



Gambar 3.1 Theodolit

Sumber: <https://www.belajarsipil.com/2014/01/14/pengertian-dan-fungsi-theodolit/>



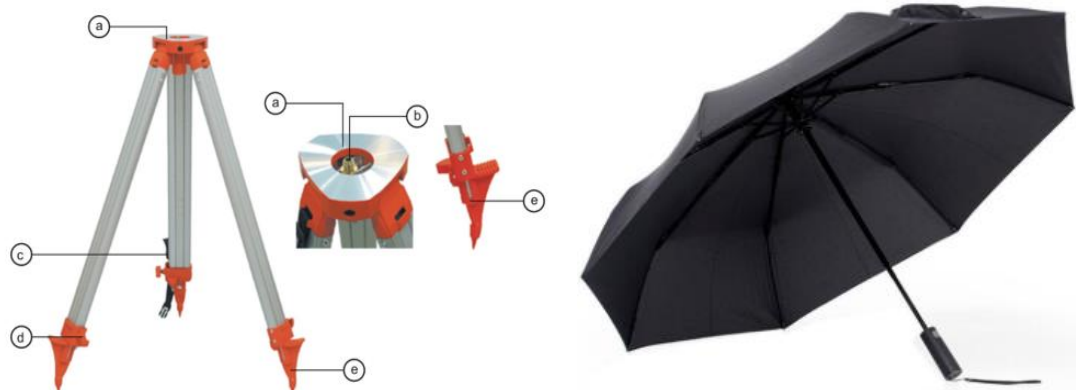
Gambar 3.2 Kompas (kiri) dan Patok (kanan)

Sumber: <https://www.buildingengineeringstudy.com/2019/07/alat-bantu-pesawat-waterpass-dan.html>



Gambar 3.3 Roll meter (kiri) dan Rambu Ukur (kanan)

Sumber: <https://www.buildingengineeringstudy.com/2019/07/alat-bantu-pesawat-waterpass-dan.html>



Gambar 3.4 Statif (kiri) dan Payung (kanan)

Sumber: <https://www.buildingengineeringstudy.com/2019/07/alat-bantu-pesawat-waterpass-dan.html>



Gambar 3.5 Unting-unting

Sumber: <https://www.buildingengineeringstudy.com/2019/07/alat-bantu-pesawat-waterpass-dan.html>

## 2) Ekskavator

*Excavator* (Ekskavator) adalah alat berat yang terangkai dari sebuah batang atau lengan (*arm*), tongkat (bahu) atau *boom* serta keranjang atau *bucket* (alat keruk) dan digerakkan oleh tenaga hidrolik yang dimotori dengan mesin diesel dan berada di atas roda rantai (*trackshoe*).

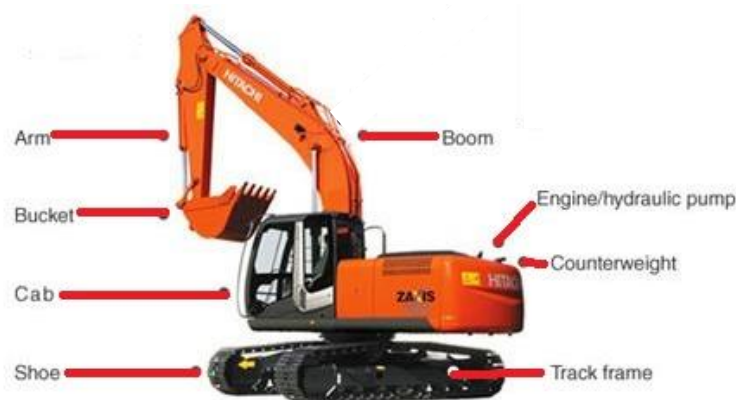
*Excavator* memiliki fungsi utama dalam pekerjaan penggalian. Walaupun begitu, *excavator* bisa dikatakan alat yang serbaguna sebab bisa juga digunakan untuk memuat, dan mengangkat material. Dengan penggantian kelengkapan tambahan (*attachment*), alat ini dapat juga dipakai untuk memecah batu, mencabut tanggul, membongkar aspal dan lain-lain.

Konstruksi dari alat, dimana medan berada, dapat berputar 360 derajat, sehingga memungkinkan alat ini bekerja di tempat yang relatif sempit sekalipun.



Gambar 3.6 *Excavator*

Sumber: <https://www.amazon.com/Bruder-Toys-02439-Cat-Excavator/dp/B00024QOUO>



Gambar 3.7 Bagian-bagian *excavator*

Sumber: <https://www.forumatberat.com/2020/04/fungsi-komponen-dan-cara-kerja-excavator.html>

### 3) *Dump Truck*

*Dump truck* adalah alat berat untuk mengangkut ( *houling* ) berbagai jenis material seperti tanah, pasir, lumpur, aspal, batuan dan lain-lain. Alat ini dapat mengangkut material pada jarak tertentu dari lokasi pemuatan sampai ke lokasi pembuangan/penimbunan. Untuk mengoperasikan alat ini diperlukan juga alat berat lain seperti *excavator* atau *loader* untuk memasukkan muatan ke dalam truk. Karena truk sangat bergantung pada alat lain, untuk pengisian material tanah perlu memperhatikan hal-hal berikut:

- Excavator* merupakan penentu utama jumlah truk, sehingga tentukan jumlah truk agar *excavator* tidak *idle*.
- Jumlah truk yang menunggu jangan sampai lebih dari dua unit.

- c. Isi truk sampai kapasitas maksimalnya.
- d. Untuk pengangkutan material beragam, material paling berat diletakkan di bagian belakang (menghindari terjadinya kerusakan pada kendali hidrolis)
- e. Ganjal ban saat pengisian.

*Dump truck* untuk pekerjaan konstruksi yang pengoperasiannya melalui jalan umumnya kapasitasnya sekitar 12 sampai 26 ton. Akan tetapi yang menggunakan jalan khusus proyek bisa menggunakan kapasitas yang lebih besar 30 sampai 40 ton.



Gambar 3.8 *Dump Truck*

Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/standard-dump-truck-size-shacman-brand-dump-truck-with-crane-dump-truck-in-uae-for-sale-60331417094.html>

#### 4) Truk *mixer*

Truk *mixer* adalah alat untuk mengangkut beton *ready mix* pada jarak tertentu dari *batching plant* sampai ke lokasi pengecoran sambil menjaga agar beton tidak mengeras dalam perjalanan. Truk *mixer* jugadilengkapi dengan *concrete mixer* yang berfungsi mengaduk atau mencampur beton (berfungsi sama seperti alat molen).

Truk *mixer* umumnya tidak melakukan perjalanan lebih dari dua jam. Beberapa kontraktor mengharuskan truk *mixer* berada di lokasi pengecoran dalam waktu 90 menit setelah pemuatan material agar menghindarkan beton cor mengeras saat di dalam truk.





Gambar 3.9 Truk *mixer*

Sumber: <https://www.cn-sinotruk.com/product/zz1257n3841w-cement-mixer-truck-concrete-mixer-truck-price/>

##### 5) *Crawler Crane*

*Crawler crane* merupakan salah satu jenis *crane* yang berfungsi untuk mengangkat, memindahkan material dari tempat asal ke tempat lain dengan tambahan pelengkap. Alat ini dapat digunakan pada pekerjaan pondasi untuk memancang tiang pancang, *bore pile*, pemasangan instalasi pipa dan lain-lain. Konstruksi alat ini umumnya bagian atas terdiri dari alat yang dapat berputar 360 derajat seperti *excavator*, dengan jangkauan lebih jauh.

Untuk Kelancaran dan keselamatan pengoperasian *crane*, operator sebaiknya memahami prinsip-prinsip dasar pengetahuan keteknikan terutama ilmu gaya, momen serta menguasai semua *handle* atau pedal *crane*. Kapasitas *crane* sangat ditentukan oleh radius kerja, sudut pengoperasian boom, dan kombinasi panjang boomnya sendiri. Semakin jauh radius benda yang diangkat, semakin kecil kapasitas *crane*. Untuk membantu kerja operator dan keselamatan pengoperasian *crane* didalam menentukan batas kritis beban yang boleh diangkat oleh *crane*, pabrik pembuat sudah membuat karakteristik standar kapasitas angkat *crane* sesuai dengan *working radius range* yang ditempel pada ruang kabin operator guna acuan operasi.

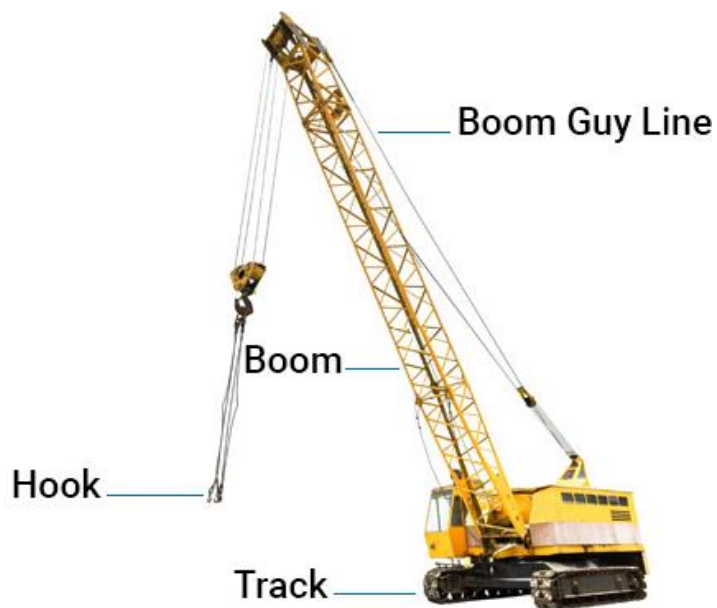
Pemakaian *crane* cocok untuk kondisi pekerjaan yang jangka waktu pemakaiannya relatif cukup lama, jarang-jarang pindah lokasi, tempatnya sempit dan jalan kerjanya kurang baik (daya dukung rendah). Namun, jika alat mau

dipindahkan/dimobilisasi jauh, kita harus menyiapkan *low bed trailer* untuk mengangkutnya dan *boom* pada alat ini harus dibongkar menjadi beberapa bagian untuk mempermudah pelaksanaan pengangkutan . *Crawler crane* tidak direkomendasikan untuk jalan jauh dengan track. Pada permukaan kerja yang jelek atau permukaan dengan kemungkinan terjadinya penurunan maka alat berat harus berdiri di atas suatu alas matras.



Gambar 3.10 *Crawler Crane*

Sumber: <http://kmmigroup.com/WEB001/index.php/id/sort-learning/learning-bid-paa/375-mesin-alat-berat-crawler-crane.html>



Gambar 3.11 Komponen *Crawler Crane*

Sumber: <https://www.ironplanet.com.au/jsp/marketing/landing-page.jsp?id=106877&canLinkManual=crawler-crane-buying-guide&iprefoh=www.ironplanet.com>



6) *Bar Bender*

Sesuai namanya, *Bar bender* adalah alat yang digunakan untuk membengkokkan baja tulangan sesuai dengan sudut yang direncanakan. Diameter tulangan yang dibengkokkan harus sesuai dengan kapasitas mesin. *Bar bender* dapat mengatur sudut pembengkokkan dengan mudah dan rapi. Alat ini ada dua macam yaitu *bar bender* listrik dan *bar bender* manual.



Gambar 3.12 *Bar Bender* manual

Sumber: <https://www.ccinetwork.com/images/product/large/145.jpg>



Gambar 3.13 *Bar Bender* listrik

Sumber: <https://strong-indonesia.com/bar-bender-strong/>

7) *Roller*

*Roller* adalah alat yang digunakan untuk membat tulangan spiral. Alat ini ada yang berupa manual dan ada juga yang elektrik.

8) *Bar Cutter*

*Bar cutter* adalah alat untuk memotong baja tulangan sesuai ukuran yang diinginkan. *Bar cutter* ini ada dua jenis, yaitu *bar cutter* listrik dan manual. Keuntungan *bar cutter* listrik dibandingkan cutter manual adalah *bar cutter* listrik dapat memotong besi tulangan dengan diameter besar dan mutu yang lebih tinggi.



Gambar 3.14 *Bar cutter* manual

Sumber: [https://www.monotaro.id/corp\\_id/p102023938.html](https://www.monotaro.id/corp_id/p102023938.html)



Gambar 3.15 *Bar cutter* listrik

Sumber: [https://www.monotaro.id/corp\\_id/p102023938.html](https://www.monotaro.id/corp_id/p102023938.html)

9) *Pipa Tremie*

Pipa *tremie* adalah pipa yang digunakan untuk mengatur tinggi jatuh beton saat pengecoran. Dengan adanya pipa *tremie*, beton dapat dituangkan ke dalam dasar lubang pada pekerjaan pondasi *bore pile*. Pipa *tremie* biasanya dipasang pada ujung bawah corong sehingga beton yang keluar dari corong tidak langsung jatuh dan menumbuk lokasi pengecoran.



Gambar 3.16 Pipa *tremie*

Sumber: <http://www.erkegroup.com/en/pro-detail/tremie->

#### 10) Corong cor beton

Corong cor beton adalah tempat masuknya beton segar pada saat pengecoran pondasi *bore pile* dari truck mixer ke pipa tremi. Corong ini dipasang di atas pipa *tremie*.



Gambar 3.17 Corong

Sumber: <https://www.keepital.com/company/sg/yuan-li-pte-ltd/product/tremie-hopper>

#### 11) *Casing*

*Casing* adalah pipa selubung baja yang fungsinya untuk menahan dinding galian agar tidak terjadi longsor. Pemasangannya dilakukan dengan bantuan *crawler crane* dan *vibro*.



Gambar 3.18 Casing

Sumber: <https://i.ytimg.com/vi/CtbKwh4Gi0U/maxresdefault.jpg>

#### 12) *Vibro hammer*

Pada pekerjaan *bore pile*, *vibro hammer* dipakai untuk membantu pemasangan *casing*.



Gambar 3.19 Vibro Hammer

Sumber: <https://slideplayer.com/slide/1566440/>

#### 13) Mata bor *auger*

*Auger* adalah mata bor berbentuk spiral yang dapat digunakan untuk mengebor pada tanah kering, cadas, *clay*. Bagian ujungnya yang agak runcing dapat lebih memudahkan saat pengeboran di awal karena posisinya harus pas di atas patok.



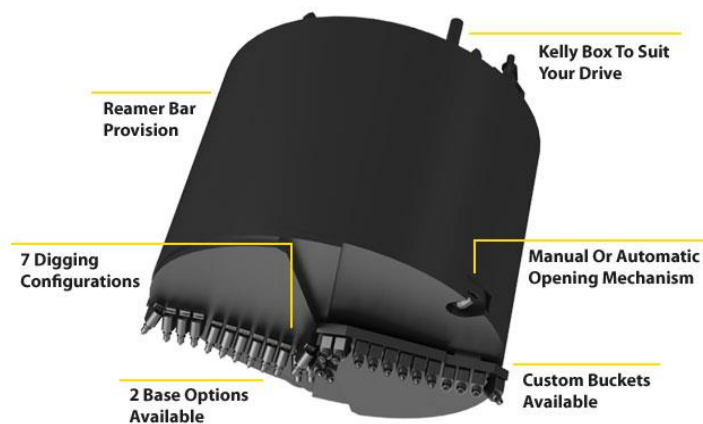


Gambar 3.20 Mata bor *auger*

Sumber: <https://www.bettindrilling.com.au/images/content-pics/pic-gallery-021.jpg>

#### 14) Mata bor *drilling bucket*

*Drilling bucket* adalah mata bor yang dapat digunakan untuk mengebor pada tanah berlumpur atau basah campur air.

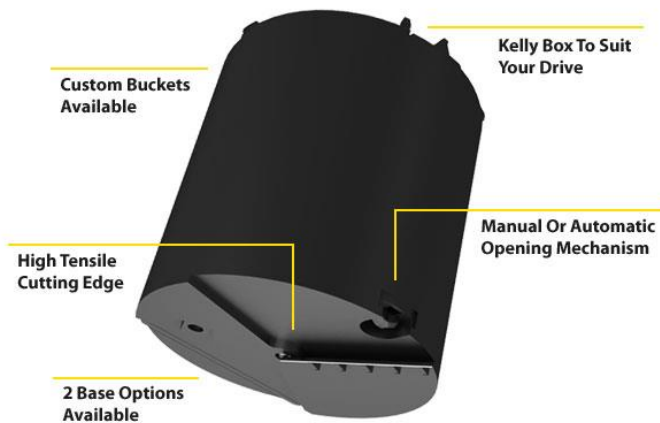


Gambar 3.21 Mata bor *drilling bucket*

Sumber: <https://www.digga.com/drilling-bucket.html>

#### 15) Mata bor *cleaning bucket*

Mata bor *cleaning bucket* berfungsi untuk menyingkirkan kotoran seperti lumpur dari lubang bor setelah proses pengeboran agar lubang menjadi bersih.



Gambar 3.22 Mata bor *cleaning bucket*  
Sumber: <https://www.digga.com/cleaning-bucket.html>

#### 16) Alat Tes Koden

Alat tes koden adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian *non destructive* pada lubang yang telah dibor. Dengan alat ini, data kondisi lubang dapat diketahui, misalnya data tentang kedalaman lubang, diameter lubang, ada atau tidaknya longsor dalam tanah hasil pengeboran. Hasil tesnya nanti berupa grafik kondisi tanah.



Gambar 3.23 Alat tes koden  
Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ultrasonic-drilling-monitor-for-construction-koden-test-bored-pile-shape-and-deviations-of-pile-boreholes-60790928999.html>

#### 17) Beton *Ready Mix*

Beton *ready mix* adalah beton cor siap pakai yang dibuat dengan alat *batching plant* di pabrik sehingga saat diantarkan di proyek, campuran beton bisa langsung

dipakai dan dituang di tempat yang akan dicor. *Batching plant* adalah alat yang dapat memproduksi beton secara massal dan menghasilkan mutu yang seragam.

Pembuatan campuran *ready mix* dilakukan oleh para ahli khusus di bidang *mixing*, sehingga dapat menghasilkan mutu beton berkualitas tinggi. Dalam pencampuran material beton yaitu, kerikil, pasir, dan semen juga biasanya diberi zat tambahan khusus yaitu *admixture*.

*Admixture* adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Pemberian *admixture* dapat memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, mengurangi pemakaian air, dan lain-lain.



Gambar 3.24 Beton *ready mix*

Sumber: <https://asiacon.co.id/wp-content/uploads/2019/10/ready-mix.jpg>

#### 18) Besi Tulangan

Besi tulangan adalah besi ulir ataupun polos dengan diameter tertentu yang dikombinasikan dengan beton sehingga dapat menghasilkan struktur beton bertulang. Besi tulangan digunakan hampir digunakan di semua pekerjaan konstruksi, salah satu alasannya karena sifatnya yang kuat dalam menahan beban baik tarik maupun tekan.



Gambar 3.25 Besi tulangan

Sumber: <https://5.imimg.com/data5/CS/NV/MY-43959358/steel-rebars-500x500.jpg>

#### 19) Bendrat

Bendrat Kawat bendrat adalah kawat yang memiliki diameter kecil dan sangat panjang berfungsi untuk mengikat antara tulangan dan tulangan lain. Kawat ini cukup kecil tetapi memiliki kekuatan yang bagus. Tetapi bendrat tidak sekuat yang dibayangkan. Bahan utama pembuat bendrat adalah besi. Besi merupakan bahan yang sangat mudah mengalami korosi. Ketika bendrat mengalami korosi, maka kekuatan akan berkurang. Bendrat menjadi sangat rapuh dan mudah putus. Oleh karena itu sangat penting memilih kawat bendrat yang bagus. Ketika memilih bendrat, sebaiknya dipilih kawat yang lentur karena biasanya memilih kandungan baja yang banyak. Bendrat lentur awet dan tidak mudah berkarat. Ada baiknya membeli bendrat yang agak mahal, ketimbang beli yang murah tetapi kualitasnya kurang bagus.



Gambar 3.26 Bendrat

Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=Ajdqdk7F8QQ>



## 20) Bentonite

Bentonite adalah salah satu bahan yang digunakan pada pekerjaan pengeboran berupa lumpur. Bentonite berfungsi menekan dinding galian tanah ke segala arah sehingga dapat mencegah terjadinya longsor pada lubang galian yang akan dicor. Lumpur bentonite bila dicampur dengan air akan menjadi kental (gel). Sifat gel inilah yang menimbulkan tekanan pada dinding galian.



Gambar 3.27 Bentonite

Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=IbzS2dlGZZ4>

### 3.2 Metode Pelaksanaan Bore Pile

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan memegang peranan penting dalam proyek konstruksi terutama dalam menyusun metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan agar pekerjaan yang dilakukan lebih efektif dan efisien sehingga proyek dapat selesai sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

Tahapan pekerjaan pondasi *bore pile* adalah sebagai berikut:

#### A. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan merupakan tahapan paling awal dari suatu proyek. Dengan adanya tahap persiapan, pekerjaan selanjutnya bisa lebih teratur dan lancar. Berikut beberapa tahapan pada pekerjaan persiapan:

##### 1) Persiapan Lokasi Pekerjaan

Sebelum memulai pelaksanaan pekerjaan pondasi, perlu dilakukan pembersihan lahan di lokasi proyek dari benda-benda yang dapat menghalangi berlangsungnya kelancaran pekerjaan seperti reruntuhan bangunan, tanaman atau pohon-pohon dan lain-lainnya. Lokasi kerja ada baiknya diratakan agar pekerjaan *bore pile* tidak mengalami kesulitan yang tinggi. Lokasi pekerjaan yang rata akan

mengurangi hambatan pekerja dalam memposisikan dan pindah alat. Kemudian saluran listrik aktif dan saluran air yang sekiranya mengganggu perlu dipindahkan. Saluran listrik yang tertanam dan masih aktif akan sangat berbahaya terhadap sisi keamanan pekerja. Saluran listrik yang di atas pun juga harus dipindahkan jika memang mengganggu proses pengeboran.

Pembersihan benda-benda berat seperti reruntuhan dapat dilakukan dengan menggunakan alat berat *excavator*. Jika lokasi pekerjaan telah dibersihkan maka alat-alat berat dapat lebih mudah masuk ke dalam area proyek.



Gambar 3.28 Persiapan lokasi proyek

Sumber: <http://www.perencanaanstruktur.com/2010/08/proses-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>

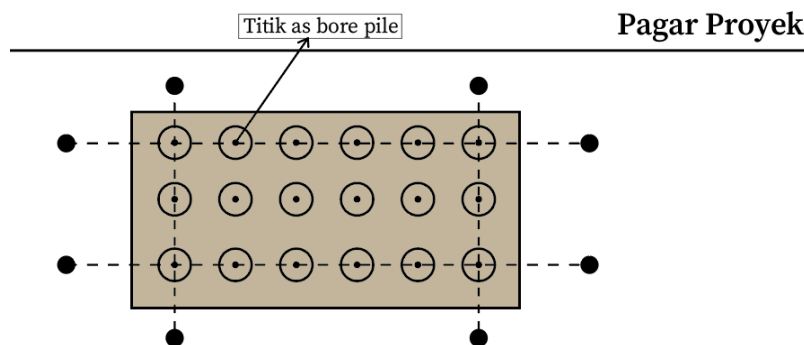
## 2) Survey lapangan dan penentuan titik pondasi

Tim surveyor mengukur dan menentukan posisi titik koordinat pondasi *bore pile* dengan menggunakan alat *theodolite* atau *waterpass*. Setelah titik bor telah ditentukan, diberi tanda atau patok pada lokasi rencana *bore pile*. Untuk mempermudah pengecekan titik as koordinat *bore pile*, 2 titik bersudut 90 derajat akan di pasang di sekitar lokasi.



Gambar 3.29 Survei / penentuan titik *bore pile* dengan *theodolite*

Sumber: Studi Kasus Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bore Pile pada Proyek Pembangunan Jalan Bebas Hambatan Tanjung Priok Paket 5 Section Ns Direct



Gambar 3.30 Titik referensi *bore pile*

Sumber: Laporan Kerja Praktik Metode Pekerjaan Bore Pile pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Cimanggis - Cibitung Seksi 2

### 3) Persiapan dan instalasi alat bor

Pekerjaan persiapan alat bor yang dibutuhkan seperti plat baja, mesin bor, *crane*, *dump truck*, *excavator* dan lain-lain. Pelaksana dan operator mesin bor melakukan pengecekan tanah di sekitar titik bor untuk memastikan perlu atau tidaknya dipasang landasan tempat berpijak mesin bor. Landasan yang berupa plat juga berfungsi untuk meratakan tanah di sekitar tempat kerja. Sedangkan pada RCD, plat dipasang sebelum alat diletakkan di atas daerah yang akan dibor. Setelah semua peralatan sudah berada di lokasi pengeboran, dilakukan perakitan atau instalasi peralatan.

Rute jalan keluar dan masuk alat berat perlu direncanakan juga agar tidak terjadi permasalahan di kemudian hari. Contohnya seperti rute *truk mixer* untuk masuk di area dekat lubang pengecoran *bore pile*.



Gambar 3.31 Persiapan alat bor

Sumber: <http://www.perencanaanstruktur.com/2010/08/proses-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>

4) Pembuatan bak sirkulasi

Bak ini berfungsi sebagai tempat penampungan lumpur hasil pekerjaan *bore pile*.



Gambar 3.32 Pembuatan bak sirkulasi

Sumber: Laporan Kerja Praktik Metode Pekerjaan Bore Pile pada Proyek  
Pembangunan Jalan Tol Cimanggis - Cibitung Seksi 2

5) Pekerjaan *pre-boring*

Pekerjaan *pre-boring* bertujuan untuk menghancurkan lapisan tanah keras menggunakan mata bor jenis *auger*. Augher adalah mata bor yang berbentuk spiral, digunakan karena tanah permukaan yang dinilai cukup keras sehingga lebih efektif menggunakan mata bor ini. Selain itu, mata bor *auger* juga memiliki titik sentris sehingga bisa menancapkan mata bor tepat di atas titik as yang direncanakan di awal. Pekerjaan *pre-boring* juga dilakukan untuk membuat casing dapat berdiri dan tidak menyimpang dari titik yang direncanakan.



Sebagai pemandu operator untuk mengetahui posisi titik bor digunakan alat koordinat yang biasanya terdapat pada mesin bor. Untuk mengetahui posisi mesin bor sendiri biasanya menggunakan titik bantu yang telah dipersiapkan sebelumnya.



Gambar 3.33 Proses *pre-boring*

Sumber: <https://www.directindustry.es/prod/dawson-construction-plant-limited/product-64111-417900.html>

#### 6) Pemasangan casing

Setelah mencapai suatu kedalaman yang “mencukupi” untuk menghindari tanah di tepi lubang berjatuhan maka dalam hal ini perlu dipasang casing, yaitu pipa yang mempunyai ukuran diameter dalam kurang lebih sama dengan diameter lubang bor.

*Casing* dipasang dengan posisi pusat dari casing tepat berada pada titik as pondasi yang telah disurvei. Casing dipasang menggunakan *crane* dengan bantuan *vibro hammer*. Kemudian casing ditekan menggunakan mesin bor.

Pada prinsipnya cara pemasangan *casing*, yaitu diangkat lalu dimasukkan ke dalam lubang bor. Tentu kedalaman lubang yang dibor belum sampai paling bawah. Kalau menunggu sampai ke bawah, maka tanah bisa saja berguguran semua sehingga lubang tertutup lagi. Jadi pemasangan *casing* merupakan salah satu tahapan yang penting.



Gambar 3.34 Proses pemasangan *casing* dengan bantuan crane  
Sumber: <https://slideplayer.com/slide/1566440/>



Gambar 3.35 *Casing* sudah terpasang di lubang bor  
Sumber: <https://id.scribd.com/presentation/394522709/BORED-PILE-ppt>

#### B. Pekerjaan Fabrikasi Tulangan

Pekerjaan fabrikasi tulangan adalah merakit tulangan mulai dari tulangan longitudinal hingga tulangan geser hingga menjadi satu kesatuan. Pekerjaan ini dapat dikerjakan secara bersamaan dengan pekerjaan pengeboran. Sehingga saat proses pengeboran selesai, pemasangan tulangan dapat dilakukan lebih cepat. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kelongsoran dinding lubang yang sudah selesai dibor.

Fabrikasi tulangan dilakukan di daerah dekat lokasi pengeboran sehingga dapat dijangkau alat-alat berat tetapi tidak boleh sampai mengganggu manuver alat berat itu sendiri. Berikut beberapa tahapan dalam pekerjaan fabrikasi tulangan:

1) Pembuatan Besi Spiral

Pada pembuatan besi spiral, pembengkokan besi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan alat manual berupa *roller* dan alat *bar bender* listrik. Jika diameter besi spiral kurang dari 13 mm maka dapat digunakan *roller* yang dioperasikan dengan bantuan tenaga manusia. Jika diameter besi spiral lebih dari 13 mm maka digunakan *bar bender* listrik dengan operator mesin profesional.

2) Pembuatan *Concrete Spacer*

*Concrete spacer* biasanya dibuat dengan menggunakan cetakan yang sesuai dengan ukuran diameter tulangan yang digunakan, atau lebih besar dari diameter tulangan. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah proses pengerjaan pemasangan tulangan.

3) Pembuatan *bar cage* / keranjang besi

Keranjang besi berfungsi sebagai tulangan dari *bore pile* yang dibuat dengan diameter, jarak dan jumlah besi sesuai gambar rencana untuk masing-masing tiang bor. Pengikat antara tulangan utama dan besi spiral menggunakan kawat beton (*bendrat*).

Pembuatan keranjang besi dimulai dari pemasangan *concrete spacer* dengan jarak maksimum umumnya 3 meter dan jumlah per lingkaran minimal 3 buah.

Setelah keranjang besi jadi, dilakukan pengecekan terhadap ikatan-ikatan antara tulangan utama dan tulangan spiral, *concrete spacer*, dan penggantung (*stopping*) yang disesuaikan dengan ukuran *cut of level* pada gambar kerja.

Keranjang besi yang sudah jadi dan dicek kemudian diperkirakan titik angkatnya kurang dari sepertiga dari panjang keranjang besi tersebut. Selanjutnya keranjang besi diangkat menggunakan *crane* dan disimpan di tempat penyimpanan dekat lubang bor dan di atas sebuah tumpuan agar keranjang besi tidak menyentuh tanah.



Gambar 3.36 Proses fabrikasi tulangan

Sumber: <https://id.scribd.com/presentation/394522709/BORED-PILE-ppt>

### C. Pekerjaan Pengeboran

Pekerjaan pengeboran adalah melakukan pengeboran pada tanah sehingga tercapai kedalaman tanah untuk dipasang pondasi sesuai rencana gambar kerja. Pekerjaan ini dapat dilakukan dengan beberapa metode. Berikut tahapan-tahapan dalam pekerjaan pengeboran:

#### 1) Proses Pengeboran

Jika sebelumnya pada proses *pre-boring* digunakan auger untuk mengebor tanah, maka ditahap ini digunakan *drilling bucket* bor yang berfungsi menggali dan menyimpan tanah hasil pengeboran untuk dibuang keluar lubang bor. Selama proses pengeboran, *casing* tetap terpasang untuk menahan longsor tanah. Pada proses pengeboran, *bucket* bor yang terisi penuh oleh tanah akan diangkat ke permukaan tanah. Kemudian tanah tersebut akan dibuang dengan cara memutar alat bor dan membuka tutup *bucket* bor. Selama proses pengeboran, *excavator* akan mengambil tanah hasil pengeboran dan menaruhnya ke dalam *dump truck*. Pengeboran dilanjutkan hingga mencapai kedalaman yang direncanakan.

Perlu juga diperhatikan, ada baiknya tanah hasil pemboran dicek dan dicocokkan hasilnya dengan data hasil penyelidikan terdahulu. Ini diperlukan karena sampel tanah sebelumnya umumnya diambil dari satu atau dua tempat yang dianggap mewakili. Tetapi dengan proses pengeboran ini maka secara otomatis dapat dilakukan prediksi kondisi tanah secara tepat, satu persatu pada titik yang dibor.



Apabila kedalaman rencana telah tercapai maka lubang galian harus segera dibersihkan dari lumpur karena lumpur yang berada di dalam galian dapat mempengaruhi kualitas beton dari *bore pile*. Metode yang digunakan yaitu dengan mengganti mata bor *drilling bucket* dengan *cleaning bucket*. Lumpur hasil pembersihan galian dapat dibawa dengan *dump truck* dan dibuang ke bak sirkulasi. Setelah lubang bersih dari lumpur maka selanjutnya adalah tes koden.



Gambar 3.37 Pekerjaan pengeboran dengan *drilling bucket*

Sumber: Studi Kasus Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bore Pile pada Proyek Pembangunan Jalan Bebas Hambatan Tanjung Priok Paket 5 Section Ns Direct



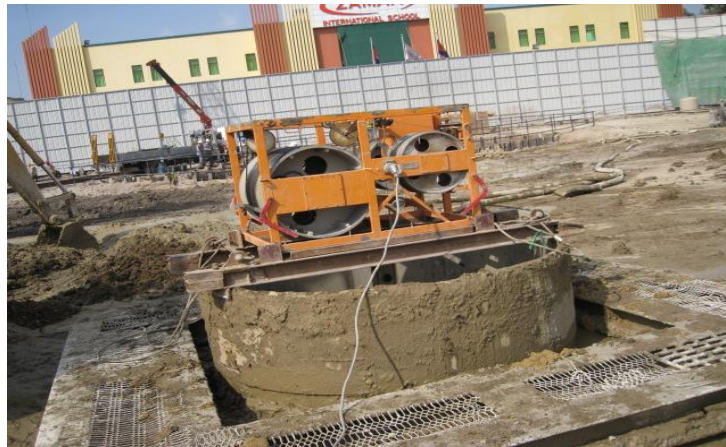
Gambar 3.38 Pembersihan dasar lubang dengan *cleaning bucket*

Sumber: <http://www.sunlyengineering.com/bored-pile.html>

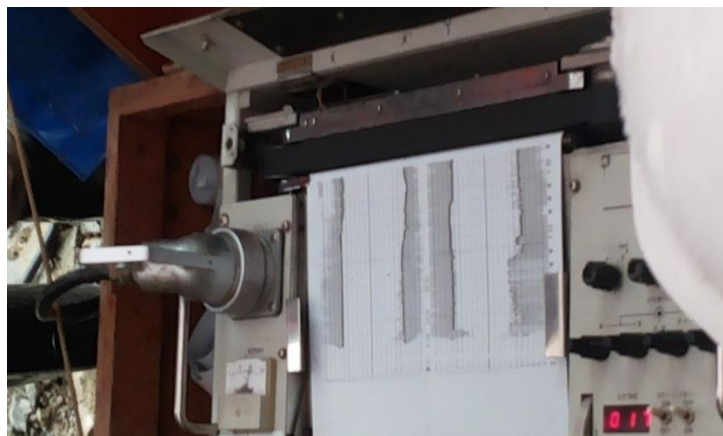
## 2) Tes Koden

Sebelum memasukkan tulangan ke dalam lubang bor, dilakukan tes koden untuk mengetahui kelurusan dari lubang *bore pile* tersebut. Melalui tes koden ini,

dapat diketahui bentuk dari lubang *bore pile*. Kedalaman dan diameter lubang dapat dicek melalui tes ini agar dipastikan sesuai dengan rencana.



Gambar 3.39 Pemasangan alat di atas *casing*  
Sumber: <https://slideplayer.com/slide/1566440/>



Gambar 3.40 Hasil tes berupa grafik dari dinding tanah  
Sumber: Studi Kasus Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bore Pile pada Proyek Pembangunan Jalan Bebas Hambatan Tanjung Priok Paket 5 Section Ns Direct.

#### D. Pekerjaan Instalasi Keranjang Besi

Pada pekerjaan ini, keranjang besi yang telah selesai difabrikasi dimasukkan ke dalam lubang bor dengan bantuan alat berat. Berikut tahapan dalam pekerjaan instalasi keranjang besi:

##### 1) Proses Pemasangan Keranjang Besi

Setelah kedalaman bor rencana tercapai, maka keranjang besi dimasukkan ke dalam lubang bor. Sebelumnya, fabrikasi tulangan terlebih dahulu dilaksanakan saat tahapan pengeboran berlangsung.



Apabila keranjang besi lebih dari 12 meter untuk memudahkan pekerjaan dibuat menjadi 2 sesi. Pemasangan besi tulangan ke lubang bor dilakukan menggunakan *crane*. Posisi *crane* harus benar-benar diperhatikan, sehingga keranjang besi yang dimasukkan benar-benar tegak lurus terhadap lubang bor. Kemudian dipasang besi tambahan melintang yang gunanya untuk menahan besi tulangan dipermukaan tanah. Selanjutnya besi tulangan kedua diangkat menggunakan *crane* ke atas besi tulangan pertama. Selanjutnya dilakukan penyambungan dengan cara dilas. Dilanjutkan lagi pemasangan besi tulangan ketiga di atas besi tulangan kedua dan seterusnya.



Gambar 3.41 Pengangkatan besi tulangan dengan bantuan *crane*

Sumber: <https://id.scribd.com/presentation/394522709/BORED-PILE-ppt>  
<http://www.perencanaanstruktur.com/2010/08/proses-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>



Gambar 3.42 Penyambungan besi tulangan dengan cara dilas

Sumber: <https://id.scribd.com/presentation/394522709/BORED-PILE-ppt>  
<http://www.perencanaanstruktur.com/2010/08/proses-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>



Gambar 3.43 Lubang tiang bor yang sudah siap dicor  
Sumber: <http://www.perencanaanstruktur.com/2010/08/proses-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>

#### E. Pekerjaan Pengecoran

Inti dari pekerjaan ini adalah memasukkan campuran beton ke dalam lubang dengan cara yang benar agar kekuatan pondais yang diperoleh sesuai rencana. Berikut tahapan-tahapan dalam pekerjaan pengecoran:

##### 1) Pemasangan pipa *tremie* dan corong

Pipa *tremie* mengantarkan beton ke dasar lubang *bore pile* sehingga lubang bor terisi dari bawah dan air lumpur terdorong keluar dari luar pipa *tremie*. Pipa *tremie* memiliki panjang sekitar 3 meter sehingga perlu disambung satu sama lain agar mencapai kedalaman yang hampir sama dengan kedalaman lubang bor. Ujung bawah pipa *tremie* kira-kira berjarak 20 cm dari dasar lubang agar adukan beton dapat keluar. Pada bagian ujung atas pipa *tremie* disambung dengan corong pengecoran. Perlu diperhatikan, untuk sambungan pipa *tremie* harus kedap air agar beton yang akan dicor mengalir melewati pipa dengan baik.



Gambar 3.44 Pemasangan pipa *tremie* ke dalam lubang *bore pile*  
Sumber: <https://id.scribd.com/presentation/394522709/BORED-PILE-ppt>



Gambar 3.45 Pemasangan corong pipa *tremie*  
Sumber: Laporan Kerja Praktik Metode Pekerjaan Bore Pile pada Proyek  
Pembangunan Jalan Tol Cimanggis - Cibitung Seksi 2

## 2) Proses Pengecoran

Proses pengecoran di lapangan dilakukan dengan *Ready Mix Concrete*. Sebelum proses pengecoran dimulai, dilakukan uji *slump* terlebih dahulu. Syarat nilai *slump* untuk *bore pile* adalah  $18 \pm 2$  cm. Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui workabilitas beton. Jika nilai *slump* memenuhi standar mutu maka dilakukan pengecoran.

Setelah uji *slump* dilakukan, beton dari truk *mixer* siap dituangkan melalui corong. Posisi pipa *tremie* harus dipastikan berada pada pusat lubang bor



sehingga tidak merusak tulangan atau tidak menyebabkan tulangan terangkat pada saat pipa *tremie* digerakkan naik turun.

Untuk memisahkan adukan beton dari lumpur hasil bor, maka digunakan kantong plastik yang diisi adukan beton dan diikat dengan kawat beton kemudian digantung di bagian dalam lubang *tremie* satu meter ke bawah dari corong pipa. Setelah adukan beton cukup penuh dan siap, bola kantong plastik dilepas sehingga beton mendorong lumpur yang ada di dalam *tremie*.

Selama proses pengecoran, pipa *tremie* digerakkan secara vertikal untuk memadatkan beton di dalam lubang bor. Pipa *tremie* harus tenggelam di dalam beton sekitar 1,5 – 6 meter sehingga mendorong lumpur ke luar lubang bor.

Ketika beton mulai mengisi lubang *bore pile*, maka beton akan mendesak lumpur naik ke atas permukaan tanah. Kenaikan lumpur ini disebabkan karena berat jenis beton lebih besar dibandingkan berat jenis lumpur. Lumpur yang naik ke permukaan tersebut akan ditampung dalam bak sirkulasi yang dibuat terlebih dahulu.

Pengecoran telah selesai dilakukan ditandai dengan air yang naik ke permukaan tanah warnanya abu-abu. Perubahan itu menandakan jika beton telah mengisi penuh lubang bor dan sudah mencapai *cut of level*. Kemudian dilakukan pengangkatan pipa *tremie*, *casing*, dan corong menggunakan *crane*.

Perlu diperhatikan, proses pengecoran memerlukan persediaan beton yang *continuous*, agar tidak terjadi keterlambatan yang bisa jadi akan berimbas pada *setting*. Jika *setting* sampai terjadi maka pipa *tremie* bisa tertanam di bawah dan tidak bisa dicabut.

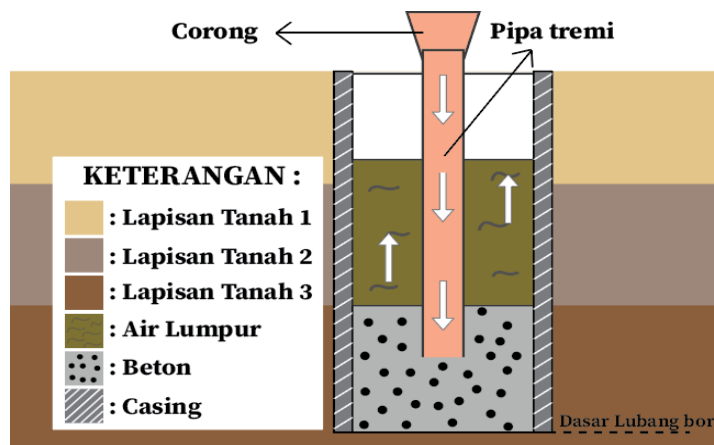


Gambar 3.46 Pengujian *slump*

Sumber: Studi Kasus Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bore Pile pada Proyek  
Pembangunan Jalan Bebas Hambatan Tanjung Priok Paket 5 Section  
Ns Direct



Gambar 3.47 Penuangan campuran beton ke dalam lubang  
Sumber: <https://slideplayer.com/slide/1566440/>



Gambar 3.48 Ilustrasi posisi ujung pipa *tremie* saat pengecoran  
Sumber: Buku Teknologi Beton Kardiyono T.



Gambar 3.49 Lumpur dari dalam lubang yang terdesak keluar oleh beton  
Sumber: <http://www.perencanaanstruktur.com/2010/08/proses-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>



Gambar 3.50 Tanda ketika beton telah mengisi seluruh bagian lubang  
Sumber: <http://www.perencanaanstruktur.com/2010/08/proses-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>



Gambar 3.51 Pencabutan *casing*  
Sumber: <https://slideplayer.com/slide/1566440/>

Pekerjaan *bore pile* telah selesai, selanjutnya untuk titik *bore pile* yang lain diulangi lagi dengan langkah-langkah yang sama.

### 3.3 Detailing Bore Pile

Bore Pile merupakan pondasi yang terbuat dari campuran beton bertulang, Beton bertulang merupakan beton yang diberi tulangan dengan luas dan jumlah tertentu sehingga beton dan tulangan akan bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja pada suatu struktur. Berikut detailing pondasi *bored pile* sesuai SNI 2847:2019:



- Mutu beton ( $f_c'$ ) untuk kegunaan umum minimal sebesar 21 MPa dan maksimal tidak ada batasan (SNI 2847:2019 Tabel 19.2.1.1).
- Ketebalan minimal selimut beton yang dicor dan secara permanen kontak dengan tanah yaitu 75 mm (SNI 2847:2019 Tabel 20.6.1.3.1).
- Dimensi penampang terkecilnya sebesar 300 mm (SNI 2847:2019 pasal 18.7.2).
- Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4 (SNI 2847:2019 pasal 18.7.2).
- Untuk penggunaan struktur yang mengalami lentur, aksial, susut dan suhu, memiliki  $f_y$  sebesar 420 MPa (SNI 2847:2019 tabel 20.2.2.4a).
- Untuk penggunaan struktur yang mengalami geser, memiliki  $f_y$  sebesar 420 MPa (SNI 2847:2019 tabel 20.2.2.4a).
- Digunakan rasio penulangan pada kolom untuk *design bored pile*, karena tulangan pada bored pile meneruskan beban yang di terima pada kolom. Luas tulangan,  $A_{st}$  untuk komponen struktur tidak boleh kurang dari 0,01  $A_g$  atau Lebih dari 0,08  $A_g$  (SNI 2847:2013 pasal 10.9.1).
- Jumlah minimum batang tulangan 6 untuk bentuk spiral (SNI 2847:2019 pasal 10.7.3.1).
- Untuk rasio luas tulangan ulir dan suhu minimum terhadap luas penampang bruto adalah 0.002 bila  $f_y$  kurang dari 420 dan bila lebih dari 420 rasio tulangan minimum terbesar dari nilai 0.0014 dan  $(0.0018 \cdot 420 / f_y)$  (SNI 2847:2019 tabel 24.4.3.2)
- Dimensi penampang dan rasio tulangan yang digunakan dalam formula pada SNI 2847:2019 tabel 6.6.3.1(a) harus berada dalam 10% dimensi (SNI 2847:2019 pasal 10.6.6.4.2).
- Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.( SNI 2847:2019 pasal 18.7.2.1)

### 3.4 Contoh Pekerjaan *Bore Pile* pada Proyek Jembatan Suramadu

#### A. Peralatan

- 1) Mesin las
- 2) Genset
- 3) Crane 50 T
- 4) Pompa 6"
- 5) Concrete pump

- 6) Terpal
- 7) Tremi 100 m
- 8) Mixer slurry
- 9) Barge/ponton ( feeder barge)
- 10) Kunci pipa (untuk coupler)
- 11) H Beam (H 200) penyangga hanger
- 12) H Beam (H 250) rebar cage holder
- 13) Hopper Cap. 10 - 12 m<sup>3</sup>
- 14) Meteran 100 m (dengan pemberat)
- 15) Mesin Bor lengkap dg Kelly Bar
- 16) Sand /slurry separator
- 17) Mata bor [lengkap]

B. Material

- 1) *Rebar Cage*
- 2) *Coupler*
- 3) Beton SCC K 300
- 4) 4 buah sling L 3 m, kapasitas 100 ton
- 5) *Freshwater*
- 6) *Slurry / bentonite*
- 7) *Spacer Ø 16 cm*

C. K3L

- 1) *Safety shoes*
- 2) Sarung tangan
- 3) *Safety harness*
- 4) Helm

D. Pelaksanaan Pekerjaan

- 1) Keluarkan Air laut yang ada di dalam casing yang akan dibor dengan menggunakan pompa. Kemudian kedalaman seabed diukur dengan rolmeter.



- 2) Campur *bentonite* dengan *freshwater (slurry)* dengan komposisi +/- 50 kg *bentonite* untuk 1 m<sup>3</sup> air. Setelah tercampur, dimasukkan ke dalam 4-5 titik *casing* yang masih kosong sebagai persediaan selama *drilling*.
- 3) Siapkan mata bor jenis bucket untuk dipasang di kelly bar
- 4) Alat bor diturunkan sampai seabed dan dilakukan spin sampai bucket terisi penuh. Kemudian bucket diangkat dengan kecepatan penuh sampai di atas platform. Kemudian tutup bucket dibuka dan digoyang-goyang dengan kelly bar sehingga semua tanah keluar. Lalu bucket ditutup kembali dengan menekan bucket ke platform. Demikian seterusnya sehingga kedalaman drilling mencapai botom casing.



- 5) Pembersihan *bucket* dan pengukuran kedalaman *Drilling*. Setelah kedalaman mencapai lebih dari 60 m, kecepatan *drilling* diperlambat. Hal ini dilakukan untuk mengurangi resiko longsor pada lubang bor. Setelah mencapai elevasi *bottom hole* yang ditentukan, dilakukan pembersihan dasar lubang (*First Cleaning*) menggunakan *cleaning bucket*. *Cleaning* dilakukan antara 1-2 jam. Setelah itu pasang *rebar cage*.



- 6) Rebar cage segmen 1 diangkat menggunakan 4 sling di bagian atas dan 1 sling di bagian bawah. Dengan perlahan-lahan rebar cage didirikan vertikal sehingga hanya bertumpu pada keempat sling. Kemudian rebar cage dimasukkan ke dalam bore hole.





- 7) Setelah instalasi *rebar cage* selesai, segera dilakukan pengecekan kedalaman *bottom hole* untuk mengetahui tinggi sedimentasi.



- 8) Segera dilakukan pemasangan pipa tremi sedemikian sehingga ujung tremi berjarak 10 - 40 cm dari *bottom hole*. Untuk pile dengan *OC test*, pipa tremi paling bawah tidak boleh ada sambungan sepanjang 6 m.



- 9) Setelah *hole* siap untuk *diconcrete*, maka dilanjutkan dengan *mixing* di *batching plant*. Selanjutnya dilakukan pembuangan mortar yang ada di dalam pipa CP dengan membuka tutup *hopper* sampai ada campuran beton yang keluar.



- 10) Selanjutnya dilakukan pelubangan *casing* bagian luar +/- 40-50 cm di atas permukaan air laut dengan ukuran 30 x 30 m<sup>2</sup>, sehingga kotoran/endapan *bentonite* di atas *topconcrete* dapat keluar. Setelah itu dilakukan cleaning di atas *topconcrete*, untuk membantu proses keluarnya kotoran, sekaligus untuk membersihkan *rebar* dari sisa-sisa beton.



### 3.5 *Quality Control*

*Quality control* atau pengendalian mutu adalah proses memeriksa mutu hasil produk atau jasa pelayanan tertentu dari penyedia jasa untuk ditentukan apakah hasil tersebut memenuhi standar mutu yang disyaratkan, memperbaiki kesalahan-kesalahan jika diperoleh mutu yang lebih rendah serta mengidentifikasi untuk menghilangkan penyebab produk tidak memenuhi persyaratan.

Pengendalian mutu di lapangan meliputi inspeksi dan test serta pengendalian produk yang tidak sesuai. Material yang digunakan sangatlah penting untuk dijaga mutunya. Berikut *quality control* pada pelaksanaan *bored pile*:

1. Pada material tulangan baja dilakukan beberapa pengujian berikut:
  - Uji Visual  
Uji visual meliputi pemeriksaan diameter tulangan baja. Diameter tulangan baja harus sesuai dengan yang dipesan agar perencanaannya dapat sesuai dengan perhitungan.
  - Uji Tarik (Tension Test)  
Pengujian tarik dilakukan terhadap sampel tulangan dengan berbagai diameter dengan menggunakan mesin uji tarik, sehingga didapatkan nilai regangan, tegangan leleh dan kuat tarik baja.
  - Uji Lengkung (Bend Test)  
Pengujian lengkung statis dilakukan terhadap sampel tulangan dengan berbagai diameter dengan menggunakan mesin uji lengkung statis, sehingga didapatkan data nilai gaya maksimum yang dapat ditahan oleh tulangan sampai tulangan mengalami sudut lengkung 180°.
2. Beton basah/*fresh* yang dicor perlu dibuat beberapa silinder untuk mengetahui mutunya. Silinder yang diuji minimal ada 6 buah. 3 buah silinder di *curing* di laboratorium sedangkan 3 yang lainnya di *curing* di lokasi pembuatan *bored pile*. Setelah 28 hari beton tersebut dikontrol mutunya. Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 7.6, Penerimaan mutu beton untuk benda uji yang dirawat di laboratorium sebagai berikut:
  - Rata-rata dari 3 (tiga) nilai kuat tekan uji yang berurutan tidak boleh ada yang kurang dari nilai  $f_c'$ .
  - Rata-rata dari 2 (dua) nilai kuat tekan uji yang berurutan tidak boleh kurang dari nilai  $(f_c' - 3,5 \text{ MPa})$ .Ketentuan untuk mutu beton dari benda uji yang dirawat di lapangan, adalah tidak boleh kurang dari 85% kuat tekan atau mutu beton yang dirawat di laboratorium.
3. Melakukan kontrol N-SPT. *End Bearing* pondasi harus dipastikan sudah masuk ke tanah keras.
4. Melakukan pengujian pondasi sesuai SNI 8460:2017.

Hasil uji pembebanan harus dibuat dan ditandatangani oleh tenaga ahli geoteknik tersertifikasi. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada uji pondasi tiang adalah sebagai berikut:

- Uji pembebanan dilakukan untuk memenuhi persyaratan berikut:
  - 1) Memastikan kapasitas tiang terhadap beban.
  - 2) Menentukan dan memastikan parameter desain yang digunakan.
  - 3) Melakukan verifikasi integritas tiang.
- Uji pembebanan yang perlu dilakukan:
  - 1) Tahap pendahuluan atau sebelum pelaksanaan, sebagai dasar perancangan untuk penentuan daya dukung pondasi yang dilakukan pada saat sebelum perancangan dilaksanakan atau sebagai konfirmasi kebenaran dasar perancangan. Lokasi yang dipilih adalah pada kondisi tanah terburuk di lapangan.
  - 2) Tahap pelaksanaan, untuk membuktikan besar daya dukung rencana pada sistem pondasi, struktur penahan tanah dan bagian struktur bangunan terpenuhi. Lokasinya dipilih pada lokasi yang paling krusial dan pelaksanaan yang relatif paling terburuk.
- Apabila hasil uji pembebanan tidak memenuhi daya dukung yang direncanakan, maka perlu ditinjau kembali perencanaan yang telah dilakukan berdasarkan hasil uji pembebanan tersebut.
- Prosedur uji pembebanan harus dilaksanakan berdasarkan ASTM edisi terakhir.
- Besarnya beban pada uji pembebanan minimum 200% dari beban rencana untuk *proof test*. *Proof test* adalah uji beban yang bertujuan untuk membuktikan secara langsung berapa beban yang dapat dipikul oleh tiang pondasi yang telah terpasang untuk pondasi bangunan jika dibebani secara statis.

Berikut uji pembebanan yang dilakukan pada pondasi:

A. Uji pembebanan aksial tekan pada fondasi tiang

Test daya dukung pondasi tiang adalah pengujian pembebanan secara langsung untuk mengetahui daya dukung ultimate dan penurunan pondasi tiang. Uji pembebanan fondasi tiang dilakukan berdasarkan standar ASTM D1143. Metode pembebanan dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu: metode tiang reaksi, metode beban mati (kentledge), dan metode beban dengan cell 2 arah. Uji



pembebanan dilakukan pada posisi *cut off level (COL)*. Jika Pembebanan dilakukan pada muka tanah eksisting, perlu diberi perlakuan khusus untuk memastikan beban bekerja pada panjang efektif tiang dan koreksi terhadap friksi di atas cut off level.

Jumlah tiang yang diuji beban aksial tekan adalah sebagai berikut:

- Untuk pondasi *bored pile*, minimal satu tiang percobaan untuk setiap 75 tiang dengan ukuran penampang yang sama.
- Untuk pondasi *bored pile* yang jumlahnya kurang dari 75 maka minimal satu tiang percobaan dilakukan setiap ukuran penampang yang sama.

Tambahan dari persyaratan tersebut adalah:

- $N \leq 1000$ ;  $N_{uji} = 1,0\% * N$
- $1000 < N \leq 3000$ ;  $N_{uji} = \text{item a)} + \{0,8\% * (1000 < N \leq 3000)\}$
- $3000 < N \leq 6000$ ;  $N_{uji} = \text{item b)} + \{0,5\% * (3000 < N \leq 6000)\}$
- $6000 < N \leq 8000$ ;  $N_{uji} = \text{item c)} + \{0,4\% * (6000 < N \leq 8000)\}$

Keterangan:

$N$  = jumlah tiang (buah)

$N_{uji}$  = jumlah tiang yang diuji (buah)

Besar beban uji pada pengujian pembebanan tiang yang bersifat “*used pile*” (*used pile* = tiang yang akan menjadi bagian dari fondasi bangunan) adalah 200% kali daya dukung rencana untuk memikul daya beban gravitasi untuk uji beban aksial, dan 200% kali daya dukung rencana untuk memikul beban lateral akibat gravitasi dan akibat beban gempa rencana.

Batasan deformasi pada 200% pembebanan rencana:

- 25 mm untuk  $D \leq 80$  cm
- 4%  $D$  untuk  $D > 80$  cm

$D$  adalah diameter pondasi tiang.

Deformasi permanen yang terjadi setelah dilakukan pelepasan beban dan pembebanan 200% tidak boleh melebihi 12 mm.

#### B. Uji pembebanan aksial tarik pada fondasi tiang

Uji pembebanan aksial tarik pada fondasi tiang dilaksanakan jika dianggap perlu pada seluruh struktur dengan mengacu ASTM D3689. Metode pengujian dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu tiang reaksi dan beban mati (*kentledge*).

Peralatan yang digunakan dalam pembebanan tarik yaitu *hydraulic jack*, *tension connectio*, *test beam*, *cribbing*, *steel bearing plates*, dan *reaction piles*.

Percobaan beban aksial tarik perlu dilakukan untuk tiang fondasi yang direncanakan terhadap beban tarik. Untuk tiang tarik, minimal satu tiang percobaan untuk setiap 100 tiang yang ukuran penampangnya sama.

Batasan deformasi pada 200% pembebanan rencana adalah sebesar deformasi elastik  $PL/EA + 4 \text{ mm}$  atau maksimal 25 mm.

#### C. Uji pembebanan horizontal/lateral pada fondasi tiang

Uji pembebanan arah horizontal dilakukan dalam kondisi *free head* pada elevasi *cut off level* (COL) dengan menggunakan standar ASTM D3966. Metode pengujian dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu: *pile-to-pile*, *pile-to-group*, dan beban mati (*kentledge*).

Uji pembebanan arah horizontal dilakukan pada struktur fondasi minimal satu tiang percobaan untuk setiap tiang yang ukuran penampangnya sama, persyaratannya sebagai berikut:

- Semua bangunan yang tidak menggunakan *basement*.
- Pada bangunan yang menggunakan *basement* dan pondasi tiang. Dimana pondasi tiang berfungsi untuk menahan gaya lateral.
- Pada bangunan dengan tiang fondasi yang mempunyai beban horizontal rencana  $> V (=C \cdot I/R) \cdot \text{beban aksial rencana pada fondasi yang ditinjau}$ . Dimana  $V, C, I, R$  adalah faktor koefisien penentuan besar gaya geser rencana sesuai persyaratan SNI-03-1726- 2002 (atau yang terbaru).
- Bila terdapat *basement* lebih dari 2 lapis, dan hasil analisis menunjukkan bahwa daya dukung lateral keseluruhan sistem fondasi dibagi faktor keamanan masih melebihi beban lateral yang bekerja, maka tidak diperlukan uji pembebanan lateral.
- Jika jumlah tiang percobaan beban aksial lebih dari 6 tiang percobaan maka maksimal 2 dari jumlah tersebut dapat dipakai kembali untuk percobaan beban horizontal.

Batasan pergeseran di kepala tiang saat pelaksanaan uji (kondisi *free-head*):

- 10 mm pada beban 100% beban rencana.
- 25 mm pada beban 200% beban rencana.

- Pada tanah lunak, deformasi lebih menentukan dan pada tanah keras momen kapasitas lebih dominan, dengan catatan tidak terjadi plastifikasi pada fondasi tiang. Pada peninjauan ini perlu dilakukan analisis detail tiang lateral dengan memasukkan pengaruh-pengaruh kondisi reduksi kelompok tiang dan kondisi pengekangan (*fixity*) sebenarnya. Analisis lateral tiang kelompok ini dilakukan menggunakan perangkat lunak yang memperhitungkan sifat nonlinear tanah.

#### D. Uji pembebanan dinamik (PDA) pada pondasi tiang

Uji pembebanan dinamik dilakukan pada elevasi *cut off level* (COL) atau di atas muka tanah namun dengan perlakuan khusus dengan memastikan gaya yang bekerja pada panjang efektif tiang dapat terukur dengan mengacu pada ASTM D4945 (ASTM D4945-12).

Uji pembebanan dinamik hanya digunakan sebagai pembanding dari percobaan beban aksial tekan, dimana harus terdapat minimal 1 tiang yang sama untuk setiap penampang tiang yang diuji statik dan dinamik untuk kemudian hasilnya dikorelasikan.

Jumlah uji pembebanan dinamik pada struktur gedung hanya dibenarkan sebanyak 4x dari 40% dari yang disyaratkan dan 60% tetap harus menggunakan sistem pembebanan statik, contohnya seperti berikut:

Misal suatu bangunan A direncanakan dengan pondasi *bored pile* sebanyak 500 buah maka jumlah pengujian tiang pondasi sebanyak  $500/75 = 6,667$  dibulatkan menjadi 7 buah.

Pengujian statis aksial:  $60\% \times 7 = 4,2$  dibulatkan menjadi 5 buah.

Pengujian dinamis (PDA):  $4 \times 40\% \times 7 = 11,2$  dibulatkan menjadi 12 buah.

Jadi untuk bangunan A yang menggunakan *bored pile* sebanyak 500 titik harus di uji statis aksial sebanyak 5 buah dan uji PDA sebanyak 12 buah.

Jumlah uji pembebanan dinamik pada struktur jalan dan jembatan atau struktur memanjang lainnya dapat lebih banyak, yaitu pada setiap pilar, abutmen, pile slab, dengan catatan uji pembebanan statik tetap dilakukan pada area tertentu yang krusial untuk melihat korelasi parameter yang digunakan dalam analisis.

Pada saat pengujian, hammer seberat 1% - 2% dari beban *ultimate* rencana yang diharapkan akan digunakan untuk dapat memobilisasi kapasitas *ultimate* tiang dengan kondisi kepala tiang rata dan berupa material uji yang padat.

#### E. Uji integritas metode CSL

Uji integritas pada pondasi *bored pile* dapat dilakukan dengan metode *Crosshole Sonic Loggingg* (CSL) dengan mengacu pada ASTM D6760. Jumlah tiang percobaan adalah minimal satu tiang untuk setiap 20 tiang dengan penampang yang sama.

Uji CSL menggunakan pipa akses dan dua hydrophone berfungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal ultrasonik yang dapat digunakan untuk memeriksa kepadatan beton dan mendeteksi kerusakan berupa segregasi, honeycomb, necking namun tidak dapat digunakan untuk menentukan penyebab kerusakannya. Uji ini juga akan memberi data yang kurang baik jika ikatan antara pipa akses dan beton buruk.

Segregasi adalah pemisahan agregat pada campran beton. Honeycomb adalah sebuah retakan/lubang yang biasanya ukuran nya lebar berada pada beton, honeycomb lebih sering dikenal dengan sebutan voids, void atau honeycomb muncul saat gagal mengisi daerah dalam bekisting. Necking adalah pengecilan penampang beton.

#### F. Uji integritas metode Sonic Echo (Pile Integrity Test, *PIT*)

Uji integritas metode *Sonic Echo* atau *Pile Integrity Test* (uji *PIT*) mengacu pada ASTM D5882 edisi terbaru. Jumlah tiang percobaan adalah minimal 1 tiang untuk setiap 5 tiang dengan penampang yang sama, namun untuk struktur jalan, jembatan dan struktur memanjang lainnya sebaiknya dilakukan pada setiap *pier*, *abutment* dan *pile slab*.

Uji *PIT* dilakukan dengan memberikan gaya kecil pada kepala tiang yang kemudian mengirimkan sinyal dari kepala tiang hingga ke ujung bawah tiang dan kemudian direkam oleh *accelerometer*. Uji ini dapat memeriksa kepadatan beton dan mendeteksi kerusakan berupa segregasi, honeycomb, necking namun tidak dapat digunakan untuk menentukan penyebab kerusakannya. Pengujian wajib dilakukan pada kepala tiang dalam kondisi berupa beton bersih dan bebas dari gangguan. Data yang diperoleh harus mempunyai pantulan ujung dengan magnitudo yang sama dengan gelombang awalnya.

5. Panjang penyaluran tulangan yang masuk pile cap harus dihitung. Berfungsi sebagai tulangan tarik di zona atas untuk menahan gaya tarik gempa, gaya tarik menimbulkan momen. Tulangan harus diteruskan ke pile cap, tidak boleh putus.

### 3.6 Metode Pelaksanaan *Inner Boring* pada Proyek RS St. Carolus di Jakarta

Inner boring adalah teknologi dibidang jasa instalasi pondasi, terutama instalasi tiang pancang precetak beton (PC Spun Pile) yang ramah lingkungan. Pada system ini desain pondasi memiliki kualitas mutu dan daya dukung yang lebih terjamin.

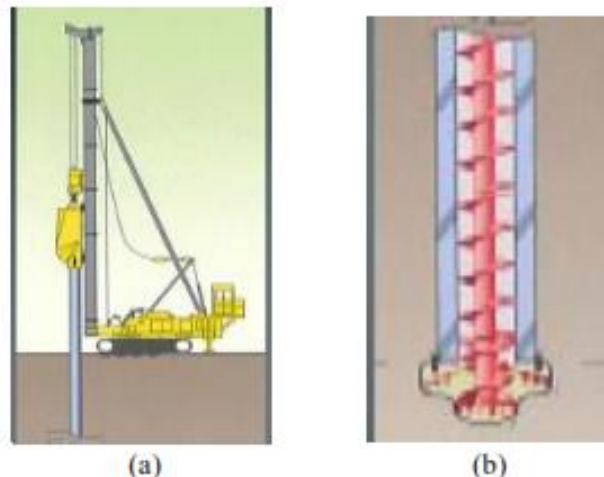
Metode instalasi pondasi dengan inner bore system mengadopsi teknologi dari jepang NAKS (*Nakabori System*). Sistem pemancangan dengan metode inner bore dilakukan dengan melubangi tanah dengan cara dibor sambil dimasukkan tiang pancang dengan cara ditekan, kecepatan dalam pekerjaan dibandingkan teknologi konvensional, tidak mengotori lingkungan kerja proyek sama sekali, karena tanah yang dibor langsung ditampung pada bucket untuk langsung dipindahkan. Pelaksanaannya dengan cara tiang pancang terpenetrasi bersamaan dengan proses penggalian tanah pada ujung tiang oleh ukuran diameter kepala auger yang lebih kecil daripada diameter tiang pancang. Pada saat mencapai lapisan tanah keras, ukuran diameter kepala auger menjadi lebih besar daripada diameter tiang pancang, bersamaan dengan proses injeksi *cement-milk* (pasta semen) terus-menerus hingga kedalaman rencana untuk membentuk soket semen pada ujung pondasi tiang pancang bagian bawah yang berfungsi sebagai soket end-bearing.

Kelebihan dengan penerapan sistem ini antara lain; proses pembangunannya memiliki kualitas yang terjamin mutu pabrikasi, tepat waktu dari segi jadwal pelaksanaan, meminimalkan kebisingan suara dan minim getaran. Berikut pembahasan proses pengerjaan proyek RS St. Carolus di Jakarta dengan diameter *spun pile* 1200 mm dan panjangnya 11 m:

#### A. Peralatan



Sumber : PT Wijaya Karya, Inner Boring Pile



Gambar 3.52 (a) ilustrasi alat berat (b) auger bor 2016

Sumber : PT Wijaya Karya, Metode Kerja Precast Paket 1- Pekerjaan Pondasi

Dalam (Inner - Bore System), 2016

## B. Pelaksanaan Pekerjaan

### 1) Pra pemancangan

- a. Setting alat, sillo, dan mixer
- b. Persiapan segmen tiang pancang dan auger set (Screw Dan Drill Blt)

Tiang pancang untuk segmen bawah (*bottom pile*) disiapkan kemudian *auger set* dimasukkan kedalam sumbu as tiang pancang yang telah direncanakan sesuai dengan gambar kerja .

- c. Marking sumbu as titik instalasi pondasi

Dalam proses ini digunakan alat mal atau penggaris sumbu ukur dan juga patok untuk referensi pemasangan titik as pondasi.

- d. *Install* tiang ke alat pancang
- e. *Install* tiang ke alat pancang (*cont'd*)
- f. *Set up* tiang pada sumbu as titik pancang

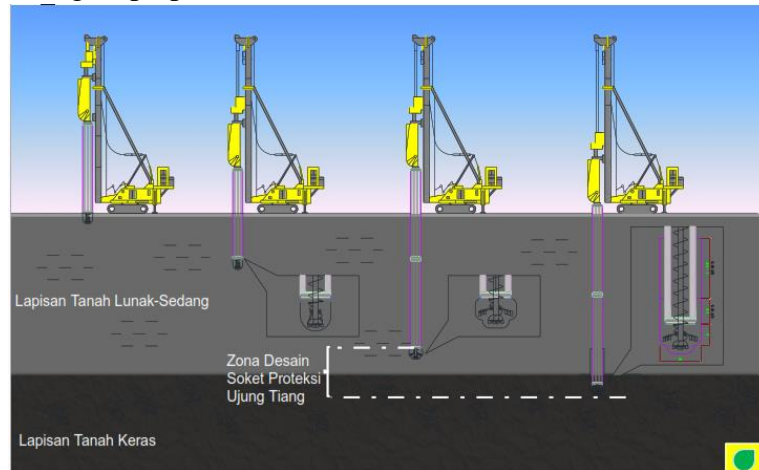
Cek Posisi Tiang terhadap Sumbu as titik pancang dengan bantuan mal/penggaris yang diberi selotip untuk memastikan jarak yang tepat terhadap patok referensi.

Cek vertikalitas tiang dengan bantuan 2 theodolith pada arah sumbu yang berbeda. Dan pastikan tiang harus tegak lurus dan sejajar dengan leader pancang serta terus dimonitoring selama pemancangan berlangsung. Adapun dengan cara Manual menggunakan Benang yang di bandul tenggelam di air.

### 2) Proses pemancangan



a. Alat pancang siap operasi



Gambar 3.53 Proses Pemancangan Dengan Inner Bore Sistem

Sumber : PT Wijaya Karya, Metode Kerja Precast Paket 1- Pekerjaan Pondasi Dalam (Inner - Bore System), 2016

Tiang pancang sudah pada posisi titik tiang pancang dan tiang pancang telah diberikan tanda sebagai guidance selama proses pemancangan.

b. Pemasangan yattokko

Untuk mencapai kedalaman yang ditentukan, proses pemancangan menggunakan yattoko (steel follower) sebagai media pencapaian elevasi.

c. Penggalian dan pemancangan

Tanah digali dengan auger machine dan tanah galian terangkat ke atas melalui alur *screw* serta ditampung didalam *hopper*. Sambil tanah digali, tiang pancang ditekan ke dalam tanah.

d. Pembuatan socket pondasi ujung tiang

Pada kedalaman yang direncanakan, drill bit dibuka (wing auger mengembang). Pada tahap ini hardening liquid (campuran semen air) atau pasta semen mulai diinjeksikan. Pada tahap pertama (pembentukan socket A) proses pembentukan terus dilakukan dengan Injection Hardening Liquid hingga tercapai dimensi serta volume yang ditentukan. Pada tahap ke dua (pembentukan socket B) proses pembentukan terus dilakukan dengan Base Hardening Liquid hingga tercapai dimensi serta volume yang ditentukan.

e. Release auger set

Selanjutnya, auger bit ditutup (menguncup) sambil tetap melakukan injeksi *base hardening liquid* hingga posisi auger ditarik keatas hingga ketika



tepat di atas elevasi kedalaman soket yang terbentuk. setelah itu *auger* dikeluarkan dari tiang pancang.

### 3.7 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai standar kelengkapan K3 untuk proyek konstruksi.

#### A. Peraturan - Peraturan K3 :

1. UU No. 18 Tahun 1999 tentang Jasa Konstruksi
2. Peraturan Pemerintah Nomor 50 tahun 2012 tentang Penerapan SMK3
3. Surat Keputusan Bersama Menteri Tenaga Kerja dan Menteri Pekerjaan Umum No. KEP.174/MEN/86 dan No. 104/KPTS/1986
4. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2014 peraturan terkait lainnya.

#### B. Tujuan K3 :

1. Untuk memelihara kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja.
2. Untuk menciptakan tempat kerja yang aman, sehat dan bebas dari pencemaran lingkungan.
3. Dapat mengurangi dan atau bebas dari kecelakaan yang pada akhirnya dapat meningkatkan sistem dan produktifitas kerja.

#### C. Peranan dan Fungsi K3 :

1. Setiap Tenaga Kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktifitas nasional.
2. Setiap orang yang berbeda ditempat kerja perlu terjamin keselamatannya.
3. Setiap sumber produksi perlu dipakai dan dipergunakan secara aman dan efisien.
4. Untuk mengurangi biaya perusahaan jika terjadi kecelakaan kerja dan penyakit akibat hubungan kerja karena sebelumnya sudah ada tindakan antisipasi dari perusahaan.

#### D. Standar Alat Pelindung Diri (APD)

- 1) *Safety shoes* untuk melindungi kaki dari bahaya menginjak barang-barang berbahaya, tersandung, atau tertimpa.



Gambar 3.54 *Safety shoes*

Sumber: <https://fretswilsonlosa.blogspot.com/2018/08/perlengkapan-keselamatan-kesehatan-kerja-k3.html>

2) Helm, untuk melindungi kepala dari bahaya tertimpa benda-benda berat. Terdapat 3 jenis helmet berdasarkan perlindungannya, yaitu:

- Helmet Tipe General (G) yang dapat melindungi kepala dari terbentur dan kejatuhan benda serta mengurangi paparan bahaya aliran listrik yang bertegangan rendah hingga 2.200Volt.
- Helmet Tipe Electrical (E) yang dapat melindungi kepala dari terbentur dan kejatuhan benda serta mengurangi paparan bahaya aliran listrik yang bertegangan tinggi hingga 22.000 Volt.
- Helmet Tipe Conductive (C) yang hanya dapat melindungi kepala dari terbentur dan kejatuhan benda tetapi tidak melindungi kepala dari paparan bahaya aliran listrik.



Gambar 3.55 Helm Proyek

Sumber: [https://www.sayweee.com/article/view/hfq3?from=previous\\_article](https://www.sayweee.com/article/view/hfq3?from=previous_article)

- 3) Sarung Tangan adalah perlengkapan yang digunakan untuk melindungi tangan dari kontak bahan kimia, tergores atau lukanya tangan akibat sentuhan dengan benda runcing dan tajam. Sarung Tangan biasanya dipakai pada proses persiapan bahan kimia, pemasangan komponen yang agak tajam, proses pemanasan dan lain sebagainya. Jenis-jenis sarung tangan diantaranya adalah sebagai berikut:
- Sarung Tangan Katun (Cotton Gloves), digunakan untuk melindungi tangan dari tergores, tersayat dan luka ringan.
  - Sarung Tangan Kulit (Leather Gloves), digunakan untuk melindungi tangan dari tergores, tersayat dan luka ringan.
  - Sarung Tangan Karet (Rubber Gloves), digunakan untuk melindungi tangan dari kontak dengan bahan kimia seperti Oli, Minyak, Perekat dan Grease.
  - Sarung Tangan Electrical, digunakan untuk melindungi tangan dari kontak dengan arus listrik yang bertegangan rendah sampai tegangan tinggi.



Gambar 3.56 Sarung Tangan Proyek

Sumber: <https://fretswilsonlosa.blogspot.com/2018/08/perengkapan-keselamatan-kesehatan-kerja-k3.html>

- 4) Kacamata (untuk pekerjaan pengelasan) agar tidak terkena percikan api. kacamata pelindung terdiri dari 2 Jenis yaitu :
- Safety Spectacles, berbentuk kacamata biasa dan hanya dapat melindungi mata dari bahaya lontaran benda tajam, debu, partikel-partikel kecil dan

mengurangi sinar yang menyilaukan. Biasanya dipakai pada proses menyolder dan proses pemotongan kaki komponen.

- Safety Goggles, kacamata yang bentuknya menempel tepat pada muka. Dengan Safety Goggles, mata dapat terlindung dari bahaya percikan bahan kimia, asap, uap, debu dan loncatan benda tajam. Biasanya dipakai oleh teknisi mesin produksi.



Gambar 3.57 Kaca Mata Proyek

Sumber: <https://fretswilsonlosa.blogspot.com/2018/08/perlengkapan-keselamatan-kesehatan-kerja-k3.html>

- 5) Safety belt (untuk kegiatan pengerjaan dengan ketinggian 2 meter) agar tidak terjatuh dari ketinggian.



Gambar 3.58 Safety Belt

Sumber: <https://www.amazon.com/Protection-5D-Rings-Universal-Protective-Equipment/dp/B07RZVZZ39>

6) Masker (untuk Pengamplasan Bekisting Knock Down, atau ketika kondisi di lapangan berdebu). Ada dua jenis alat pelindung pernafasan:

- Masker

Masker adalah alat yang digunakan untuk melindungi alat-alat pernafasan seperti Hidung dan Mulut dari resiko bahaya seperti asap solder, debu dan bau bahan kimia yang ringan.

Masker biasanya terbuat dari Kain atau Kertas. Masker umumnya dipakai di proses menyolder.

- Respirator

Respirator adalah alat yang digunakan untuk melindungi alat-alat pernafasan seperti Hidung dan Mulut dari resiko bahaya seperti asap solder, bau bahan kimia, debu, Uap, Gas serta Partikel Mist dan Partikel Fume.

Respirator sering dipakai oleh Teknisi Mesin Solder, Operator Pengecatan (Painting) dan Proses bahan Kimia lainnya.



Gambar 3.59 Masker dan *respirator*

Sumber: <https://fretswilsonlosa.blogspot.com/2018/08/perlengkapan-keselamatan-kesehatan-kerja-k3.html>

7) Rompi Pekerja (agar pekerjaan terlihat ketika keadaan lokasi gelap)





Gambar 3.60 Rompi Pekerja

Sumber: <https://www.tokopedia.com/pajahshop/rompi-pekerja-warna-orange-jala>

8) *Safety Ears*, Ada 2 (dua) jenis Pelindung pendengaran :

- *Ear Plug*

Penyumbat Telinga atau Ear Plug digunakan untuk melindungi alat pendengaran yaitu telinga dari Intensitas Suara yang tinggi.

Dengan menggunakan Ear Plug, Intensitas Suara dapat dikurangi hingga 10 ~ 15 dB. Ear Plug biasanya digunakan oleh Pekerja yang bekerja di daerah produksi yang memiliki suara mesin tinggi seperti SMT (Surface Mount Technology) ataupun Mesin Produksi lainnya.

- *Ear Muff*

Penutup Telinga atau *Ear Muff* adalah alat yang digunakan untuk melindungi alat pendengaran dari Intensitas Suara yang tinggi.

*Ear Muff* dapat mengurangi intensitas suara hingga 20 ~ 30dB. *Ear Muff* terdiri dari Head Band dan Ear Cup yang terbuat dari bantalan busa sehingga dapat melindungi bagian luar telinga (daun telinga).

*Ear Muff* sering digunakan oleh Teknisi Mesin dan Generator (Genset).





Gambar 3.61 *Safety Ears*

Sumber: <https://fretswilsonlosa.blogspot.com/2018/08/perengkapan-keselamatan-kesehatan-kerja-k3.html>

#### 9) *Safety wearpack*

Celemek dan wearpack atau sering disebut dengan apron adalah alat pelindung tubuh dari percikan bahan kimia dan suhu panas.

Apron atau Celemek sering digunakan dalam proses persiapan bahan-bahan kimia dalam produksi seperti Grease, Oli, Minyak dan Adhesive (perekat). Sedangkan Wearpack merupakan alat pelindung diri yang digunakan sebagai pelindung saat berada di bawah mobil, atau didaerah lainnya yang kotor.

Sehingga baju yang dipakai dapat terlindungi dari oli yang berceceran. Selain dipakai untuk perlindungan diri, wearpack juga dipakai untuk menunjukkan identitas perusahaan tempat seorang bekerja.



Gambar 3.62 *Safety Wearpack*

Sumber: <https://fretswilsonlosa.blogspot.com/2018/08/perengkapan-keselamatan-kesehatan-kerja-k3.html>

#### 10) *Safety flame vest*

Rompi nyala umum digunakan pada setiap aktifitas proyek baik siang maupun malam hari dilengkapi dengan warna engineer greed yang dapat memantulkan cahaya saat terkena sinar lampu. Rompi ini cocok digunakan pada malam hari disekitar area lalu lintas proyek.



Gambar 3.63 *Safety Flame Vest*

Sumber: <https://fretswilsonlosa.blogspot.com/2018/08/perengkapan-keselamatan-kesehatan-kerja-k3.html>

#### 11) *Safety Rain Coat*

Jas hujan adalah pelindung diri yang digunakan pada saat hujan untuk mencegah pekerja yang terpaksa harus bekerja atau mengendalikan pekerjaan proyek tidak terkena flu, demam atau gangguan kesehatan lainnya.



Gambar 3.64 *Safety Rain Coat*

Sumber: <https://fretswilsonlosa.blogspot.com/2018/08/perengkapan-keselamatan-kesehatan-kerja-k3.html>

## 12) *Safety Live Vest*

Pelampung adalah perlengkapan pengaman diri yang digunakan khusus pada proyek-proyek seperti jembatan panjang, pelabuhan, dermaga, bendungan dan lain-lain.



Gambar 3.65 *Safety Life Vest*

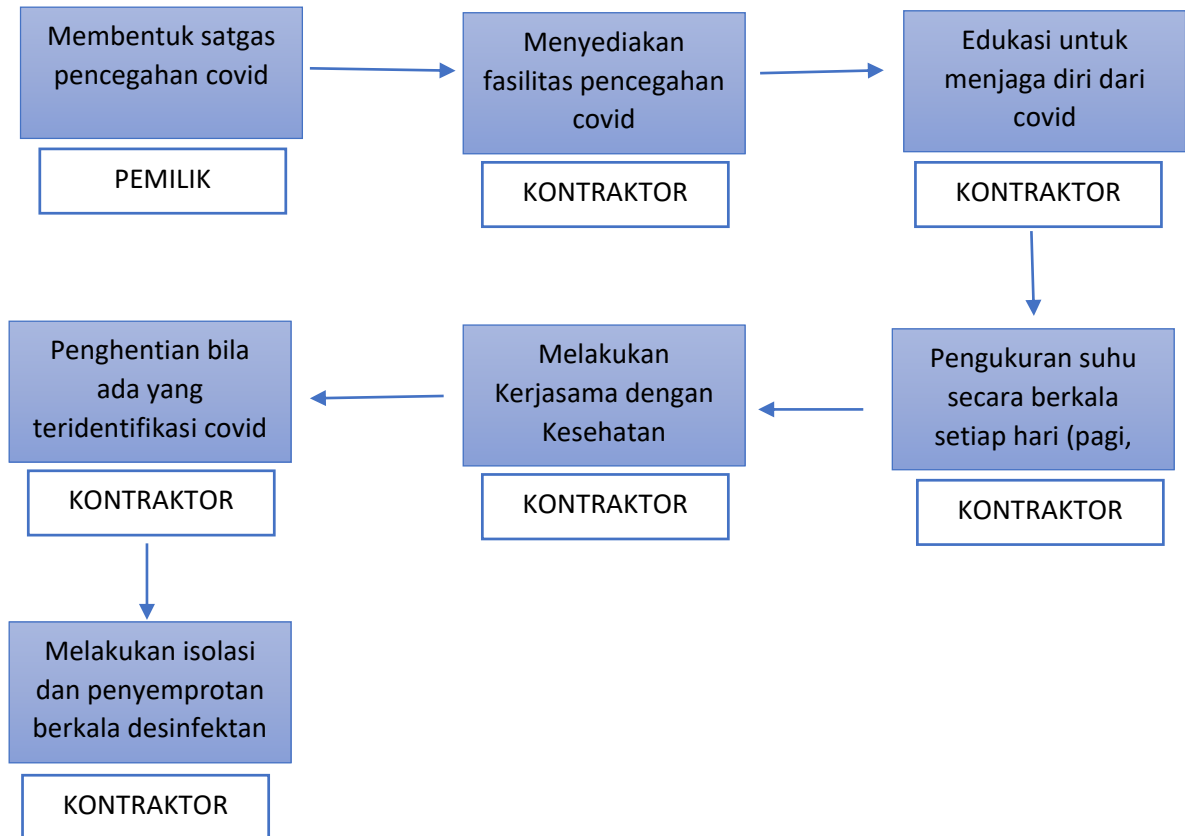
Sumber: <https://fretswilsonlosa.blogspot.com/2018/08/perengkapan-keselamatan-kesehatan-kerja-k3.html>

## E. Pelaksanaan K3 selama Masa Pandemi CORONA-19

Berdasarkan Instruksi Menteri No. 02/IN/M/2020 tentang Protocol Pencegahan Penyebaran Corona Virus Diase 19 pada Maret 2020. Inmen tersebut merupakan bagian dari keseluruhan ke bijakan untuk mewujudkan keselamatan konstruksi pada setiap tahapan penyelenggaraan konstruksi yang di lakukan baik oleh pemerintah, pemerintah daerah, BUMN, maupun investasi swasta atau gabungan. Secara umum, Instruksi Menteri tersebut memuat mekanisme tentang protokol pencegahan Covid-19 dalam penyelenggaraan jasa konstruksi yaitu:

### 1. Protokol pencegahan Covid-19 dalam penyelenggaraan jasa konstruksi

Bagian ini memuat skema protokol pencegahan Covid-19 dalam penyelenggaraan jasa konstruksi dan mekanismenya. Protokol tersebut diawali dengan pembentukan satgas pencegahan Covid19, identifikasi potensi bahaya Covid-19 di lapangan, penyediaan fasilitas kesehatan, pelaksanaan pencegahan Covid-19 di lapangan. Skema protokol pencegahan covid 19 sebagai berikut:



a. Pembentukan Satgas Pencegahan Covid

- Pemilik / Pengguna Penyelenggara bersama Konsultan Pengawas dan/atau Kontraktor wajib membentuk Satuan Tugas Pencegahan COVID-19.
- Satuan Tugas tersebut berjumlah paling sedikit 5 (lima) orang terdiri dari Ketua merangkap anggota dan 4 (empat) Anggota yang mewakili Pemilik/ Pengguna Penyelenggara, Konsultan, Kontraktor, Subkontraktor, Vendor, Supplier.
- Satuan Tugas tersebut memiliki tugas, tanggung jawab dan kewenangan melakukan: (i) sosialisasi, (ii) edukasi, (iii) promosi teknik dan (iv) metoda pencegahan COVID19 serta (v) pemeriksaan (examination) potensi terinfeksi kepada semua orang, baik para manager, insinyur, arsitek, karyawan I staf, mandor, pekerja dan tamu proyek.

b. Penyediaan Fasilitas Kesehatan di Lapangan

- Kontraktor wajib menyediakan ruang klinik di lapangan dilengkapi dengan sarana kesehatan yang memadai, seperti: tabung oksigen,

pengukur suhu badan (thermoscan), pengukur tekanan darah, obat-obatan, dan petugas medis.

- Kontraktor wajib memiliki kerjasama operasional perlindungan kesehatan dan pencegahan COVID19 dengan rumah sakit dan/ atau pusat kesehatan masyarakat terdekat dengan lapangan proyek untuk tindakan darurat (emergency).
- Kontraktor wajib menyediakan fasilitas pengukur suhu badan (thermoscan), pencuci tangan dengan sabun disinfektan (hand sanitizer), tissue, masker di kantor dan lapangan proyek bagi para manager, insinyur, arsitek, karyawan/ staf, mandor, pekerja dan tamu proyek.

c. Pelaksanaan Pencegahan Covid19 di Lapangan

- Satuan Tugas memasang poster (flyers) baik digital maupun fisik tentang himbauan/anjuran pencegahan COVID19, seperti mencuci tangan, memakai masker, untuk disebarluaskan atau dipasang di tempat-tempat strategis di lapangan proyek.
- Satuan Tugas bersama Petugas Medis harus menyampaikan penjelasan, anjuran, kampanye, promosi teknik pencegahan COVID19 dalam setiap kegiatan penyuluhan K3 pagi hari (safety morning talk).
- Satuan Tugas melarang seseorang yang sakit dengan indikasi suhu 38 derajat Celcius(seluruh manager, insinyur, arsitek, karyawan/staf, mandor, pekerja dan tamu proyek) datang ke lokasi proyek.
- Petugas Medis melaksanakan pengukuran suhu tubuh kepada seluruh pekerja, dan karyawan bersama para Satuan Pengaman Proyek (Security Staff) dan Petugas Keamanan setiap pagi, siang dan sore.
- Apabila ditemukan manager, insinyur, arsitek, karyawan/ staf, mandor dan pekerja di lapangan proyek terpapar virus COVID19, Petugas Medis dibantu Petugas Keamanan proyek melakukan evakuasi dan penyemprotan disinfektan pada tempat, fasilitas, pegangan dan peralatan kerja.

2. Tindak lanjut terhadap kontrak penyelenggaraan jasa konstruksi.

Bagian ini memuat terkait penghentian pekerjaan sementara dan mekanismenya, mekanisme pengujian pemenuhan terhadap pembayaran upah tenaga kerja konstruksi dan subkontraktor/produsen. Pemasok selama masa penghentian sementara.



### 3. Protokol pencegahan Covid-19 dalam penyelenggaraan jasa konstruksi

Di dalam protokol ini diatur mekanisme kehadiran pelaksanaan pengadaan barang dan jasa bagi tim pokja, mekanisme pelaksanaan pembuktian kualifikasi secara offline dan/atau online, mekanisme pelaksanaan klarifikasi, negosiasi dan evaluasi kewajaran harga, mekanisme pendampingan yang dilaksanakan secara online.

No	Komponen	INMEN PUPR 02/2020	OSHA
1	Outline pengaturan	1. Protokol pencegahan Covid-19 dalam penyelenggaraan jasa konstruksi 2. Tindak lanjut terhadap kontrak konstruksi 3. Protokol dalam pengadaan barang jasa konstruksi	1. Analisis risiko potensi paparan Covid-19 (pemetaan per aktifitas dalam sebuah proyek) 2. Hierarki pengendalian Risiko a. <i>Engineering control</i> (kontrol rekayasa teknik) b. <i>Administrative controls</i> (kontrol administratif) c. Penggunaan Alat pelindung diri
2	Identifikasi potensi bahaya	Dilakukan di level proyek, berdasarkan lokasi proyek, status covid salah satu pekerja, peraturan kepala daerah.  Tujuan: Untuk mengidentifikasi pekerjaan yang dapat diberhentikan sementara.	Dilakukan di level aktifitas kegiatan di dalam satu proyek, berdasarkan pemetaan potensi risiko paparan covid.  Tujuan: Untuk menetapkan pengendalian bahaya di setiap aktifitas.

Gambar 3.66 Tabel perbedaan penanganan selama masa pandemi INMER PUPR & OSHA

Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020



## BAB IV PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan di bab sebelumnya, maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berfungsi menahan beban dari struktur atas dan meneruskannya ke tanah.
2. Pemilihan jenis pondasi dipengaruhi beberapa faktor yaitu keadaan tanah, batasan akibat konstruksi di atasnya, faktor lingkungan, waktu perjalanan, dan biaya.
3. Pondasi *bore pile* adalah pondasi yang berbentuk seperti tabung terbuat dari beton dan pelaksanaannya dilakukan dengan cara mengebor tanah.
4. Pondasi *bore pile* memiliki kelebihan dan kekurangan
5. Metode pengeboran pondasi *bore pile* ada 3 yaitu metode kering, metode basah dan metode *casing*. Pemilihan metode yang digunakan disesuaikan dengan kondisi lokasi proyek.
6. Peralatan dan bahan yang dibutuhkan pada pelaksanaan *bore pile* yaitu theodolit, ekskavator, *dump truck*, truk *mixer*, *crawler crane*, *bar bender*, *roller*, *bar cutter*, pipa *tremie*, corong cor beton, *casing*, *vibro hammer*, mata bor *auger*, mata bor *drilling bucket*, mata bor *cleaning bucket*, alat tes koden, beton *ready mix*, besi tulangan, dan bentonite.
7. Metode pelaksanaan pondasi *bore pile* ada beberapa tahap yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan fabrikasi tulangan, pekerjaan pengeboran, pekerjaan instalasi keranjang besi, pekerjaan pengecoran.
8. Di dalam pekerjaan pondasi *bore pile* ada aturan-aturan K3 yang harus dipenuhi agar pekerjaan berjalan dengan lancar dan aman. Di saat ada pandemi, ada juga aturan K3 khusus yang digunakan pada proyek.
9. Alat-alat pelindung diri yaitu *safety shoes*, helm, sarung tangan, kaca mata, *safety belt*, masker, rompi pekerja, *safety ears*, *safety wearpack*, *safety flame vest*, *safety rain coat*, *safety life vest*.

### 4.2 Saran

Berdasarkan hasil pembahasan di bab sebelumnya, maka penulis memberi saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya pengamatan di lapangan sehingga bisa menemukan berbagai masalah yang terjadi di lapangan beserta solusinya.
2. Perlu dibandingkan pekerjaan pondasi *bore pile* di gedung, jembatan, jalan tol dan lain-lain karena ada perbedaan pada metode pelaksanaannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2016. *Metode Kerja Precast Paket 1- Pekerjaan Pondasi Dalam (Inner - Bore System)*. Januari-Juli. <https://docplayer.info/57185388-Metode-kerja-precast-paket-1-pekerjaan-pondasi-dalam-inner-bore-system-pembangunan-gedung-pksc-borromeus.html>.
- Anonim. (2011, Februari 25). *Bar Bender Bar Cutter*. Diakses pada Oktober 4, 2020, dari <https://www.ilmusipil.com/bar-bender-bar-cutter>
- Anonim. (2011, Februari 25). *Concrete Bucket dan Pipa Tremie*. Diakses pada Oktober 4, 2020, dari <https://www.ilmusipil.com/concrete-bucket-dan-pipa-tremie>
- Anonim. (2014, September). *Cara Pelaksanaan Pondasi Bore Pile*. Diakses pada Oktober 1, 2020, dari borepile: <https://www.borepile.info/2014/09/pondasi-bored-pile-strauss.html?m=1>
- Anonim. (2019, Mei 5). *Metode Pelaksanaan Pondasi Bore Pile*. Diakses pada Oktober 1, 2020, dari Berita Konstruksi: <https://www.beritakonstruksi.com/2019/05/metode-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>
- Anonim. (2020, Februari 26). *Kelebihan Pondasi Bored Pile dan Metode Pemasangannya*. Diakses pada Oktober 1, 2020, dari Pengadaan: <https://www.pengadaan.web.id/2020/02/pondasi-bored-pile.html?m=1>
- Anonim. *Bored Pile Procedure*. Diakses pada oktober 4, 2020, dari <https://slideplayer.com/slide/1566440/>
- Anonim. (2014, Oktober 15). <http://www.alatberat.com/blog/alat-alat-keselamatan-kerja-pertambangan-dan-konstruksi/>. Diakses pada Oktober 5, 2020, dari alat berat: <http://www.alatberat.com/blog/alat-alat-keselamatan-kerja-pertambangan-dan-konstruksi/>
- Anonim. (2018, Agustus 16). *Perlengkapan Keselamatan Kesehatan Kerja (K3)*. Diakses pada Oktober 5, 2020, dari fretswilsonlosa: <https://fretswilsonlosa.blogspot.com/2018/08/perlengkapan-keselamatan-kesehatan-kerja-k3.html>
- Anonim. (2013, Maret 13). *Struktur Kolom*. Retrieved from <https://www.ilmutekniksipil.com/struktur-beton/struktur-kolom>
- Anonim. (2020, Agustus 14). *Fungsi dan Kegunaan Kawat bendrat untuk Konstruksi Bangunan*. Retrieved from <http://www.tollabwashabab.com/fungsi-dan-kegunaan-kawat-bendrat-untuk-konstruksi-bangunan/>
- Broto, S. *Bore Pile Proyek Jembatan Suramadu*. Diakses pada Oktober 5, 2020, dari brantas-abipraya: <http://knowledge.brantas-abipraya.co.id/wp-content/uploads/2019/10/Bore-Pile-Proyek-Jembatan-Suramadu.pdf>

- Chomaedhi. Pelaksanaan Pondasi Bored Pile Diameter 240 cm. C87-C88.
- CV. Indonusa Makmur Sejati. (2018, Mei 21). *beton Ready Mix: Pengertian, Jenis & Kelebihan beton Ready Mix*. Diakses pada Oktober 4, 2020, dari <https://indonusa-conblock.com/beton-ready-mix-pengertian-jenis-dan-kelebihan/>
- CV. Mitra Solusi Konstruksi. (2017, April 15). *Pengertian Ready Mix dan Mutu Beton*. Diakses pada Oktober 4, 2020, dari <https://mitrareadymix.com/pengertian-ready-mix-dan-mutu-beton/>
- Desy Maria Christine. 2018. *Metode Pekerjaan Bore Pile pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Cimanggis - Cibitung Seksi 2 Lokasi : Elevated Transyogi (Sta. 27+070 – 28+813)*. Laporan Kerja Praktik.
- Digga. *Cleaning Buckets*. Diakses pada Oktober 4, 2020, dari <https://www.digga.com/cleaning-bucket>
- Digga. *Drilling Bucket*. Diakses pada Oktober 4, 2020, dari <https://www.digga.com/drilling-bucket>
- Edward Z. H. 2015. *Perencanaan Pondasi Bored Pile dan Metode Pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Gedung RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbuang Manado*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Politeknik Negeri Manado: Manado.
- Harjawinta, J. (2019, April 17). *Metode Pelaksanaan Pondasi Bore Pile*. Diakses pada Oktober 4, 2020, dari <http://jharwinata.blogspot.com/2019/04/metode-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>
- Himawan, A. (2018). *Bored Pile*. Diakses pada Oktober 10, 2020, dari <https://id.scribd.com/presentation/394522709/BORED-PILE-ppt>
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. *RK3K (Rencana Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kontrak)*. Diakses pada Oktober 5, 2020, dari [sibima.pu: http://sibima.pu.go.id/mod/resource/view.php?id=7698](http://sibima.pu.go.id/mod/resource/view.php?id=7698)
- Kementrian Pekerjaan Umum, dan Perumahan Rakyat,. 2020. "Protokol Pencegahan covid di-19 Proyek konstruksi." Desember 23. [https://infeksiemerging.kemkes.go.id/download/Protokol\\_Pencegahan\\_COVID-19\\_di\\_Proyek\\_Konstruksi.pdf](https://infeksiemerging.kemkes.go.id/download/Protokol_Pencegahan_COVID-19_di_Proyek_Konstruksi.pdf).
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2020. "Kebijakan Dan Perubahan Di Sektor Jasa Konstruksi Di Masa Pandemi." 23 Desember. [http://binakonstruksi.pu.go.id/jdownloads/Buletin/Buletin\\_2020/Buletin\\_Konstruksi\\_4\\_20.pdf](http://binakonstruksi.pu.go.id/jdownloads/Buletin/Buletin_2020/Buletin_Konstruksi_4_20.pdf).
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2014. *Katalog Alat Berat Konstruksi 2013*. Jakarta: Pusat Pembinaan Sumber Daya Investasi Badan Pembinaan Konstruksi Kementrian Pekerjaan Umum.

- Kementrian Pekerjaan Umum. 2017. *Modul 4 – Produksi dan Pengangkutan Campuran Beton*. Bandung: Kementrian Pekerjaan Umum.
- Maulana Asrafi. 2014. *Studi Kasus Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bore Pile pada Proyek Pembangunan Jalan Bebas Hambatan Tanjung Priok Paket 5 Section Ns Direct*. Studi Kasus.
- Mistra. 2012. *Struktur dan Konstruksi Bangunan Tinggi Sistem Top and Down*. Jakarta: Griya Kreasi.
- Morodadi, Contractor. (2016, April 29). *Kelebihan Dan Kekurangan Jasa Pondasi Bore pile*. Diakses pada Oktober 1, 2020, dari <http://www.boredpile.link/2016/04/kelebihan-pondasi-bore-pile-strauss.html?m=1>
- Muhammad Qoniek Yafy B. 2017. *Perbandingan Desain dan Pelaksanaan antara Pondasi Tiang Pancang dan Pondasi Tiang Bor pada Pembangunan Apartemen Grand Sungkono Lagoon Surabaya*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Vokasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Nunik Dwi W. dan Salma St. Z. 2016. *Perencanaan Pondasi Bored Pile Pada Gedung Parkir Politeknik Negeri Bandung*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Politeknik Negeri Bandung: Bandung.
- Parmar, S. P. (2019, April 1). *Pile Installation: Basic Concepts*. Diakses pada Oktober 1, 2020, dari Slideshare: <https://www.slideshare.net/samirsinhparmar/lec-2-pile-installation-spp>
- PT Belani Global. (2018, September 6). *Cara / Teknik Pelaksanaan Pondasi Bore Pile Kering dan Basah*. Diakses pada Oktober 1, 2020, dari [borpile](http://www.borpile.com/2018/09/carateknik-pelaksanaan-pondasi-bor-pile.html): <http://www.borpile.com/2018/09/carateknik-pelaksanaan-pondasi-bor-pile.html>
- PT Cargonesia Utama Trans. (2017, November 12). *Ini dia Alat berat yang namanya Excavator atau Beko*. Diakses pada Oktober 4, 2020, dari <https://kirimalatberat.com/excavator-beko/>
- PT PP (PERSERO)-General Contractor. 2003. *Buku Referensi Untuk Kontraktor Bangunan Gedung dan Sipil*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- PT. Sokko Karya Konstruksi. (2017, Februari 15). *Tahapan Pelaksanaan Pondasi Bore Pile*. Diakses pada Oktober 4, 2020, dari <http://www.boredpile.co.id/tahapan-pelaksanaan-pondasi-bore-pile/>
- PT. SURYA ARTHAREKSA. *Metode/ Tata Cara Bore Pile*. Diakses pada Oktober 1, 2020, dari <http://www.sardesignbuild.com/article-news/metode-tata-cara-bore-pile>
- PT Wijaya Karya. 2016. *Inner Boring Pile*. September 22. <https://appaksi.wordpress.com/2016/09/22/blog-post-title/>.

- PT Wijaya Karya. 2019. *Mengenal Teknologi Inner Bore dalam Pembangunan RS. St. Carolus Jakarta*. Jakarta: PT Wijaya Karya. <https://www.wika-beton.co.id/artikel-det/Mengenal-Teknologi-Inner-Bore-dalam-Pembangunan-RS-St-Carolus-Jakarta86/ind>.
- Rostiyanti, Susy Fatena. 2008. *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Redana, I Wayan. 2010. *Teknik Pondasi*. Denpasar: Udayana University Press.
- Sayoga, Y. (2020, April 30). *Alat Ukur Theodolite dan Waterpass Pada Konstruksi Kereta Api*. Diakses pada Oktober 4, 2020, dari yusronsayoga: <https://www.yusronsayoga.com/2020/04/alat-ukur-theodolite-dan-waterpass-pada-konstruksi-kereta-api.html>
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- TukangGambar. (2017, Januari 5). *Tukang Gambar*. Retrieved from <https://www.tukanggambar.com/2017/01/fungsi-tulangan-sengkang.html>
- Wilopo, Djoko. 2009. *Metode Konstruksi dan Alat-Alat Berat*. Jakarta: UI Press.